

**PLASMA REACTOR WITH MULTIPLE SMALL INTERNAL INDUCTIVE ANTENNAS****Publication number:** JP2003502824T**Publication date:** 2003-01-21**Inventor:****Applicant:****Classification:**

**- international:** *H05H1/46; C23C16/507; H01J37/32; H01L21/302; H05H1/46; C23C16/50; H01J37/32; H01L21/02; (IPC1-7): H05H1/46; C23C16/507; H01J37/32; H01L21/3065*

**- european:** H01J37/32H1D

**Application number:** JP20010505041T 20000619

**Priority number(s):** US19990336642 19990618; WO2000US16921 20000619

**Also published as:**

WO0079568 (A3)

WO0079568 (A2)

**Report a data error here**

Abstract not available for JP2003502824T

Abstract of corresponding document: **WO0079568**

The present invention employs a plurality of small inductive antennas to generate a processing plasma. In one embodiment, small coil antennas are secured within the chamber so that both of the pole regions of the antennas couple power to the plasma. The antennas may be oriented so that poles regions are anywhere from perpendicular, to parallel to a chamber wall. The number, location, and orientation of the small antennas within the chamber may be selected to optimize plasma characteristics. In addition, the antennas may be secured to top, side, or bottom walls to improve plasma characteristics; and power deposition within the processing chamber may be adjusted by changing the orientation of the coils, and the magnitude and phase relationship of RF power through the individual antennas. Process gas may be selectively delivered to areas of high power deposition such as adjacent pole regions or through the center of a coil or loop antenna to control plasma characteristics. In a preferred embodiment, the antennas are formed of a conductor surrounded by a non-sputtering, electrically insulating, thermally conductive jacket coupled to an electrically conductive chamber wall. The exposed surface of the jacket may be segmented to reduce eddy currents in conductive deposits.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] It is a plasma reactor. Having the wall which limits a processing chamber, the above-mentioned chamber holds the piece of processing in it. It is the plasma reactor which can generate the plasma in the above-mentioned chamber in order that it may have further two or more small coil antennas secured in the above-mentioned processing chamber and two or more above-mentioned small coil antennas may process the above-mentioned piece of processing and which is characterized by things.

[Claim 2] Two or more above-mentioned small coil antennas are plasma reactors according to claim 1 characterized by having respectively the jacket of the electric insulation which encloses the conductive coil further.

[Claim 3] It is the plasma reactor according to claim 2 characterized by preventing the flow of the eddy current in the conductive ingredient which the above-mentioned jacket was further equipped with the front face exposed to a conductive by-product, and a part of above-mentioned exposure front face [ at least ] was segmented, and was deposited on the above-mentioned segmentation front face.

[Claim 4] It is the plasma reactor according to claim 3 characterized by forming the segment of the above-mentioned segmentation of at least one gap in the above-mentioned exposure front face, and forming the above-mentioned gap so that it may prevent that the conductive ingredient deposited on the above-mentioned jacket combines the above-mentioned segment electrically.

[Claim 5] The plasma reactor according to claim 4 characterized by segmenting the exposure front face of the above-mentioned antenna close to the pole field of the above-mentioned antenna.

[Claim 6] Two or more above-mentioned small coil antennas are plasma reactors according to claim 4 characterized by being secured in the above-mentioned processing chamber so that the heat generated by the above-mentioned antenna may be respectively transmitted to a chamber wall by conduction.

[Claim 7] The above-mentioned jacket is a plasma reactor according to claim 6 characterized by being formed with the thermally conductive ingredient which prevents sputtering of the above-mentioned conductive coil.

[Claim 8] The above-mentioned processing chamber is a plasma reactor according to claim 6 which is equipped with a top wall and a side attachment wall, and is characterized by forming the above-mentioned top wall and the side attachment wall with the conductive ingredient.

[Claim 9] The above-mentioned top wall and a side attachment wall are a plasma reactor according to claim 8 characterized by being grounded electrically.

[Claim 10] Two or more above-mentioned small coil antennas are plasma reactors according to claim 2 characterized by being secured in the above-mentioned processing chamber so that the heat generated by the above-mentioned antenna may be respectively transmitted to a chamber wall by conduction.

[Claim 11] The above-mentioned jacket is a plasma reactor according to claim 10 characterized by being formed with the thermally conductive ingredient which prevents sputtering of the above-mentioned conductive coil.

[Claim 12] It is the plasma reactor according to claim 1 which the above-mentioned jacket is further equipped with the jacket which encloses the conductive coil, and is characterized by forming the above-mentioned jacket with the ingredient which prevents sputtering of the above-mentioned conductive coil.

[Claim 13] It is the plasma reactor according to claim 1 which each above-mentioned small coil antenna has a pole field, and is characterized by arranging at least one of the above-mentioned small coil antennas in the above-mentioned processing chamber so that the above-mentioned pole field may combine power to the above-mentioned plasma.

[Claim 14] It is the plasma reactor according to claim 1 which each above-mentioned small coil antenna has

two pole fields, and is characterized by arranging at least one of the above-mentioned small coil antennas both in the above-mentioned processing chamber so that the two above-mentioned pole fields may combine power to the above-mentioned plasma.

[Claim 15] It is the plasma reactor according to claim 14 which is further equipped with at least one gas port for feeding process gas into the above-mentioned processing chamber, and is characterized by for the above-mentioned gas port approaching at least one pole field of the above-mentioned small coil antenna, and arranging it.

[Claim 16] It is the plasma reactor according to claim 14 characterized by being combined to the separated source of process gas so that it may have two or more gas ports further, the process gas which has high ionization energy can be fed into the field which has the high power deposition in the above-mentioned chamber a little [ of two or more above-mentioned gas ports ] and the process gas which has low ionization energy on the other hand can be fed into the field which has the low power deposition in the above-mentioned chamber.

[Claim 17] It is the plasma reactor according to claim 1 which is further equipped with at least one RF power source combined with the above-mentioned small coil antenna, and is characterized by the ability to adjust the above-mentioned RF power to each above-mentioned small coil antenna in independent.

[Claim 18] It is the plasma reactor according to claim 17 characterized by being combined to the separated source of process gas so that it may have two or more gas ports further, the process gas which has high ionization energy can be fed into the field which has the high power deposition in the above-mentioned chamber a little [ of two or more above-mentioned gas ports ] and the process gas which has low ionization energy on the other hand can be fed into the field which has the low power deposition in the above-mentioned chamber.

[Claim 19] It is the plasma reactor according to claim 17 characterized by having further two or more gas ports which feed process gas into the above-mentioned processing chamber, for one of two or more of the above-mentioned gas ports feeding process gas into the high power deposition field of the above-mentioned chamber, and another process gas port feeding process gas into the low power deposition field of the above-mentioned chamber.

[Claim 20] It is the plasma reactor according to claim 1 which is further equipped with two or more gas ports which feed process gas, and is characterized by arranging one of two or more of the above-mentioned gas ports so that it may feed process gas through one of two or more of the above-mentioned small coil antennas.

[Claim 21] It is the plasma reactor according to claim 1 which each of two or more above-mentioned small coil antennas is further equipped with the jacket of the electric insulation which encloses the conductive coil, and is further equipped with shielding, and is characterized by the ability to insert the above-mentioned shielding into the above-mentioned jacket so that the power deposition in the above-mentioned processing chamber may be controlled.

[Claim 22] It is the plasma reactor according to claim 1 characterized by the ability to adjust [ of the above-mentioned small coil antenna ] some orientation at least.

[Claim 23] Each of two or more above-mentioned small coil antennas is a plasma reactor according to claim 22 which is further equipped with the jacket of the electric insulation which encloses the conductive coil, and is characterized by the ability to adjust [ of the above-mentioned conductive small coil ] some orientation at least within the above-mentioned insulating jacket.

[Claim 24] It is the plasma reactor according to claim 1 which the above-mentioned processing chamber is further equipped with the side attachment wall and top wall which have touched the boundary, and the above-mentioned side attachment wall and a top wall are formed with a conductive ingredient, and is characterized by grounding the above-mentioned side attachment wall and the top wall.

[Claim 25] The above-mentioned processing chamber is a plasma reactor according to claim 1 characterized by having further a top wall, a side attachment wall, and a bottom wall, and securing any of two or more above-mentioned miniaturized antennas they are more than one or it of the above-mentioned top wall, a side attachment wall, and a bottom wall.

[Claim 26] It is the plasma reactor according to claim 25 characterized by the thing of two or more above-mentioned miniaturized antennas arranged around the core of this top wall along with the top wall of the above-mentioned processing chamber a little at the radial at least.

[Claim 27] It is the plasma reactor according to claim 1 characterized by the thing of two or more above-mentioned miniaturized antennas arranged in the shape of dome shape a little at least.

[Claim 28] It is the plasma reactor according to claim 1 characterized by the thing of two or more above-

mentioned miniaturized antennas arranged in the shape of a periphery around the above-mentioned chamber a little at least.

[Claim 29] It is a plasma reactor. It has the wall which limits a processing chamber. The above-mentioned chamber holds the piece of processing in it. It has further two or more miniaturized antennas secured in the above-mentioned processing chamber. The above-mentioned miniaturized antenna In order to process the above-mentioned piece of processing, it is possible to generate the plasma in the above-mentioned chamber. The miniaturized antenna of the above-mentioned plurality is a plasma reactor characterized by what it has respectively the jacket of the electric insulation which encloses the conductor for further.

[Claim 30] It is the plasma reactor according to claim 29 characterized by preventing the flow of the eddy current in the conductive ingredient which the above-mentioned jacket was further equipped with the front face exposed to a conductive by-product, and a part of above-mentioned exposure front face [ at least ] was segmented, and was deposited on the above-mentioned segmentation front face.

[Claim 31] It is the plasma reactor according to claim 30 characterized by forming the segment on the above-mentioned front face of segmentation of at least one gap in the above-mentioned exposure front face, and forming the above-mentioned gap so that it may prevent that the conductive ingredient deposited on the above-mentioned jacket combines the above-mentioned segment electrically.

[Claim 32] The plasma reactor according to claim 31 characterized by segmenting the exposure front face of the above-mentioned antenna close to the pole field of the above-mentioned antenna.

[Claim 33] Two or more above-mentioned miniaturized antennas are plasma reactors according to claim 31 characterized by being secured in the above-mentioned processing chamber so that the heat generated by the above-mentioned antenna may be transmitted to a chamber wall by conduction.

[Claim 34] the above-mentioned jacket -- the above -- the plasma reactor according to claim 31 characterized by preventing sputtering of a conductor.

[Claim 35] the above-mentioned jacket -- the above -- the plasma reactor according to claim 29 characterized by preventing sputtering of a conductor.

[Claim 36] Two or more above-mentioned miniaturized antennas are plasma reactors according to claim 29 characterized by being secured in the above-mentioned processing chamber so that the heat generated by the above-mentioned antenna may be transmitted to a chamber wall by conduction.

[Claim 37] The plasma reactor according to claim 36 characterized by having at least one gas port further, arranging a miniaturized antenna around the above-mentioned gas port, and forming the nozzle.

[Claim 38] It is the plasma reactor according to claim 37 which is further equipped with at least one RF power source combined with the above-mentioned miniaturized antenna, and is characterized by the ability to adjust the above-mentioned RF power to each above-mentioned miniaturized antenna in independent.

[Claim 39] It is the plasma reactor according to claim 38 characterized by being combined to the separated source of process gas so that it may have two or more gas ports further, the process gas which has high ionization energy can be fed into the field which has the high power deposition in the above-mentioned chamber a little [ of two or more above-mentioned gas ports ] and the process gas which has low ionization energy on the other hand can be fed into the field which has the low power deposition in the above-mentioned chamber.

[Claim 40] It is the plasma reactor according to claim 31 which each above-mentioned miniaturized antenna has two pole fields, and is characterized by arranging at least one of the above-mentioned miniaturized antennas both in the above-mentioned processing chamber so that the two above-mentioned pole fields may combine power to the above-mentioned plasma.

[Claim 41] at least one gas port for feeding process gas into the above-mentioned processing chamber -- further -- having -- the above-mentioned gas port -- the above -- the plasma reactor according to claim 40 characterized by approaching the pole field of one miniaturized antenna and being arranged even if few.

[Claim 42] It is the plasma reactor according to claim 41 which is further equipped with at least one RF power source combined with the above-mentioned miniaturized antenna, and is characterized by the ability to adjust the above-mentioned RF power to each above-mentioned miniaturized antenna in independent.

[Claim 43] It is the plasma reactor according to claim 14 characterized by having further two or more gas ports which feed process gas into the above-mentioned processing chamber, for one of the above-mentioned process gas ports feeding process gas into the high power field of the above-mentioned chamber, and another process gas port feeding process gas into the low power field of the above-mentioned chamber.

[Claim 44] It is the plasma reactor according to claim 29 which is further equipped with shielding and is characterized by the ability to insert the above-mentioned shielding into the above-mentioned jacket so that the power deposition in the above-mentioned processing chamber may be controlled.



- [Claim 45] It is the plasma reactor according to claim 29 characterized by the ability to adjust [ of the above-mentioned miniaturized antenna ] some orientation at least.
- [Claim 46] Each of two or more above-mentioned miniaturized antennas is a plasma reactor according to claim 45 which is further equipped with the jacket of the electric insulation which encloses the conductive coil, and is characterized by the ability to adjust [ of the above-mentioned conductive small coil ] some orientation at least within the above-mentioned insulating jacket.
- [Claim 47] It is the plasma reactor according to claim 29 which the above-mentioned processing chamber is further equipped with the side attachment wall and top wall which have touched the boundary, and the above-mentioned side attachment wall and a top wall are formed with a conductive ingredient, and is characterized by grounding the above-mentioned side attachment wall and the top wall.
- [Claim 48] It is the plasma reactor according to claim 29 which the above-mentioned processing chamber is further equipped with a top wall, and is characterized by securing at least one of two or more of the above-mentioned miniaturized antennas to the above-mentioned top wall.
- [Claim 49] It is the plasma reactor according to claim 48 characterized by the thing of two or more above-mentioned miniaturized antennas arranged around the core of this top wall along with the top wall of the above-mentioned processing chamber a little at the radial at least.
- [Claim 50] It is the plasma reactor according to claim 29 which the above-mentioned processing chamber is further equipped with a side attachment wall, and is characterized by securing at least one of two or more of the above-mentioned miniaturized antennas to the above-mentioned side attachment wall.
- [Claim 51] It is the plasma reactor according to claim 29 which the above-mentioned processing chamber is further equipped with a bottom wall, and is characterized by securing at least one of two or more of the above-mentioned miniaturized antennas to the above-mentioned bottom wall.
- [Claim 52] It is the plasma reactor according to claim 29 characterized by the thing of two or more above-mentioned miniaturized antennas arranged in the shape of dome shape a little at least.
- [Claim 53] It is the plasma reactor according to claim 29 characterized by the thing of two or more above-mentioned miniaturized antennas arranged in the shape of a periphery around the above-mentioned chamber a little at least.
- [Claim 54] It is a plasma reactor. Having the wall which limits a processing chamber, the above-mentioned chamber holds the piece of processing in it. It is the plasma reactor which is further equipped with the miniaturized antenna of b plurality, and is characterized by what it is combined with the processing chamber wall for as each above-mentioned miniaturized antenna combines the heat generated by each above-mentioned miniaturized antenna to the above-mentioned processing chamber by conduction.
- [Claim 55] Each above-mentioned antenna is a plasma reactor according to claim 54 characterized by having further the jacket which encloses the conductive ingredient.
- [Claim 56] The above-mentioned jacket is a plasma reactor according to claim 55 characterized by being formed with the ingredient of electric insulation.
- [Claim 57] The above-mentioned jacket is a plasma reactor according to claim 56 characterized by being combined with the conductive chamber wall.
- [Claim 58] The above-mentioned jacket is a plasma reactor according to claim 55 characterized by being formed with the non-sputtering ingredient.
- [Claim 59] The above-mentioned jacket is a plasma reactor according to claim 55 characterized by being formed with the ceramic ingredient.
- [Claim 60] The above-mentioned jacket is a plasma reactor according to claim 55 characterized by being formed by alumimium nitride.
- [Claim 61] It is a plasma reactor. It has the wall which limits a processing chamber. The above-mentioned chamber holds the piece of processing in it. It has further two or more miniaturized antennas secured in the b above-mentioned processing chamber. The above-mentioned miniaturized antenna In order to process the above-mentioned piece of processing, it is possible to generate the plasma in the above-mentioned chamber. The miniaturized antenna of the c above-mentioned plurality is a plasma reactor characterized by what it has respectively the non-sputtering jacket which encloses the conductor for further.
- [Claim 62] Two or more above-mentioned miniaturized antennas are plasma reactors according to claim 61 characterized by transmitting the heat generated by the above-mentioned antenna to a chamber wall by conduction.
- [Claim 63] The plasma reactor according to claim 62 characterized by having at least one gas port further, arranging a miniaturized antenna around the above-mentioned gas port, and forming the nozzle.
- [Claim 64] It is the plasma reactor according to claim 62 which is further equipped with at least one RF

power source combined with the above-mentioned miniaturized antenna, and is characterized by the ability to adjust the above-mentioned RF power to each above-mentioned miniaturized antenna in independent.

[Claim 65] It is the plasma reactor according to claim 61 which is further equipped with shielding and is characterized by the ability to insert the above-mentioned shielding into the above-mentioned jacket so that the power deposition in the above-mentioned processing chamber may be controlled.

[Claim 66] It is the plasma reactor according to claim 61 characterized by the ability to adjust [ of the above-mentioned miniaturized antenna ] some orientation at least.

[Claim 67] It is the plasma reactor according to claim 61 which the above-mentioned jacket is electric insulation, the above-mentioned processing chamber is further equipped with the side attachment wall and top wall which have touched the boundary, and the above-mentioned side attachment wall and a top wall are formed with a conductive ingredient, and is characterized by grounding the above-mentioned side attachment wall and the top wall.

[Claim 68] It is a plasma reactor. It has the wall which limits a processing chamber. The above-mentioned chamber holds the piece of processing in it. It has further two or more nozzles which can generate b plasma, and is each above-mentioned nozzle. The gas port which can feed process gas into the (i) above-mentioned processing chamber \*\*\*\* -- The (ii) above-mentioned gas port is surrounded. The plasma \*\*\*\*\* from the above-mentioned process gas The induction antenna which can do \*\*\*\*\* is included. The nozzle of the c above-mentioned plurality is a plasma reactor characterized by being combined with the above-mentioned processing chamber wall so that the heat generated by the above-mentioned induction antenna may be respectively transmitted to a processing chamber wall by conduction.

[Claim 69] The above-mentioned induction antenna is a plasma reactor according to claim 68 characterized by consisting of a conductor surrounded with the jacket of electric insulation.

[Claim 70] The above-mentioned jacket is a plasma reactor according to claim 69 characterized by being spatter-proof nature.

[Claim 71] The above-mentioned jacket is a plasma reactor according to claim 70 which is a thermally conductive jacket.

[Claim 72] The above-mentioned jacket is a plasma reactor according to claim 71 characterized by consisting of a ceramic.

[Claim 73] The above-mentioned jacket is a plasma reactor according to claim 71 characterized by consisting of alumimium nitride.

[Claim 74] The above-mentioned gap is a plasma reactor according to claim 71 characterized by preventing that a conductive deposit combines the above-mentioned segment electrically including the gap from which the above-mentioned induction antenna has the external surface exposed to the above-mentioned processing chamber, and the above-mentioned exposure front face separates the above-mentioned exposure front face into a segment.

[Claim 75] The above-mentioned gas port is a plasma reactor according to claim 74 characterized by being formed so that it may prevent that the plasma is formed in the above-mentioned gas port.

[Claim 76] The above-mentioned gas port is a plasma reactor according to claim 74 characterized by being formed so that formation of the plasma may be permitted in the above-mentioned gas port.

[Claim 77] The above-mentioned gap is a plasma reactor according to claim 76 characterized by preventing that a conductive deposit combines the above-mentioned segment electrically including the gap from which the above-mentioned gas port has an inside, and the above-mentioned inside separates the above-mentioned inside into a segment.

[Claim 78] The above-mentioned induction antenna is a plasma reactor according to claim 68 characterized by consisting of a conductor surrounded with the spatter-proof jacket.

[Claim 79] The above-mentioned induction antenna is a plasma reactor according to claim 68 characterized by consisting of a conductor surrounded with the thermally conductive jacket.

[Claim 80] The above-mentioned induction antenna is a plasma reactor according to claim 68 characterized by being a coil antenna.

[Claim 81] The above-mentioned gas port is a plasma reactor according to claim 80 characterized by being formed so that it may prevent that the plasma is formed in the above-mentioned gas port.

[Claim 82] The above-mentioned gas port is a plasma reactor according to claim 80 characterized by being formed so that formation of the plasma may be permitted in the above-mentioned gas port.

[Claim 83] The above-mentioned gap is a plasma reactor according to claim 82 characterized by preventing that a conductive deposit combines the above-mentioned segment electrically including the gap from which the above-mentioned gas port has an inside, and the above-mentioned inside separates the above-mentioned

inside into a segment.

[Claim 84] The above-mentioned induction antenna is a plasma reactor according to claim 68 characterized by a helicon wave being generable.

[Claim 85] The above-mentioned gas port is a plasma reactor according to claim 84 characterized by being formed so that it may prevent that the plasma is formed in the above-mentioned gas port.

[Claim 86] The above-mentioned gas port is a plasma reactor according to claim 84 characterized by being formed so that formation of the plasma may be permitted in the above-mentioned gas port.

[Claim 87] The above-mentioned gap is a plasma reactor according to claim 86 characterized by preventing that a conductive deposit combines the above-mentioned segment electrically including the gap from which the above-mentioned gas port has an inside, and the above-mentioned inside separates the above-mentioned inside into a segment.

[Claim 88] Each above-mentioned nozzle is a plasma reactor according to claim 68 characterized by being combined with the above-mentioned processing chamber wall so that the heat generated by the above-mentioned induction antenna may be transmitted to a processing chamber wall by conduction.

[Claim 89] It is the plasma reactor according to claim 88 which can be further equipped with RF power combined with the induction antenna of each above-mentioned nozzle, can adjust the above-mentioned power in independent, and is characterized by combining the gas port of the some of two or more above-mentioned nozzles with a source of process gas which is different so that different process gas can be fed into some [ of two or more above-mentioned nozzles ].

[Claim 90] The above-mentioned chamber wall is a plasma reactor according to claim 89 characterized by being formed with the conductive ingredient.

[Claim 91] The above-mentioned chamber wall is a plasma reactor according to claim 68 characterized by being formed with the conductive ingredient.

[Claim 92] The above-mentioned gap is a plasma reactor according to claim 68 characterized by preventing that a conductive deposit combines the above-mentioned segment electrically including the gap from which the above-mentioned induction antenna has the external surface exposed to the above-mentioned processing chamber, and the above-mentioned exposure front face separates the above-mentioned exposure front face into a segment.

[Claim 93] It is a plasma reactor. It has the wall which limits a processing chamber. The above-mentioned chamber holds the piece of processing in it. It has the nozzle of b plurality further and each above-mentioned nozzle is secured to the processing chamber wall. Each above-mentioned nozzle Gas port which can feed process gas into the (i) above-mentioned chamber Small induction Anh who can generate the plasma from the (ii) above-mentioned process gas The above-mentioned miniaturized antenna is arranged around the above-mentioned gas port including TENA. (iii) The front face exposed to the above-mentioned plasma is included further. The above-mentioned exposure front face \*\*\*\*\* The gap which divides a open front face into a segment is included, and the above-mentioned gap is conductivity. Plasma reactor which prevents that a deposit combines the above-mentioned segment electrically and which is characterized by being like.

[Claim 94] It is the plasma reactor according to claim 93 which is further equipped with RF power combined with the above-mentioned small induction antenna, and is characterized by the ability to adjust the above-mentioned RF power to each above-mentioned nozzle in independent.

[Claim 95] The gas port of the some of two or more above-mentioned nozzles is a plasma reactor according to claim 94 characterized by being combined with a source of process gas which is different so that different process gas can be fed into some [ of two or more above-mentioned nozzles ].

[Claim 96] The above-mentioned gas port is a plasma reactor according to claim 93 characterized by being formed so that it may prevent that the plasma is formed in the above-mentioned gas port.

[Claim 97] The above-mentioned induction antenna is a plasma reactor according to claim 96 characterized by being a coil antenna.

[Claim 98] The above-mentioned induction antenna is a plasma reactor according to claim 96 characterized by a helicon wave being generable.

[Claim 99] The above-mentioned gas port is a plasma reactor according to claim 93 characterized by being formed so that formation of the plasma may be permitted in the above-mentioned gas port.

[Claim 100] The above-mentioned induction antenna is a plasma reactor according to claim 99 characterized by being a coil antenna.

[Claim 101] The above-mentioned induction antenna is a plasma reactor according to claim 99 characterized by a helicon wave being generable.

[Claim 102] It is a plasma reactor. It has the wall which limits a processing chamber. The above-mentioned chamber holds the piece of processing in it. It has the nozzle of b plurality further and each above-mentioned nozzle is secured to the processing chamber wall. Each above-mentioned nozzle Gas port which can feed process gas into the (i) above-mentioned chamber Small induction Anh who can generate the plasma from the (ii) above-mentioned process gas The above-mentioned miniaturized antenna is arranged around the above-mentioned gas port including TENA. The small induction antenna of c above-mentioned each nozzle It is controllable in independent. The gas port of the some of the nozzle of the d above-mentioned plurality So that it can feed through the nozzle which has the high power to which the process gas which has high ionization energy is impressed to the above-mentioned induction antenna The plasma reactor characterized by being combined with a different source of process gas so that it can feed through the nozzle which has the low power to which the process gas which has low ionization energy on the other hand is impressed to the above-mentioned induction antenna.

[Claim 103] The above-mentioned gap is a plasma reactor according to claim 102 characterized by preventing that a conductive deposit combines the above-mentioned segment electrically including the gap from which the above-mentioned nozzle has the front face exposed to the above-mentioned plasma, and the above-mentioned exposure front face separates the above-mentioned exposure front face into a segment.

[Claim 104] It is the approach of processing the piece of processing in a plasma reactor. Step which supplies process gas to the processing chamber which has a wall Approach characterized by including the step which supplies RF power to two or more small induction antennas secured in the above-mentioned processing chamber in order to make the plasma generate from the b above-mentioned process gas.

[Claim 105] The above-mentioned RF power supplied to two or more above-mentioned small induction antennas is an approach according to claim 104 characterized by the ability to adjust.

[Claim 106] The approach according to claim 104 characterized by supplying different gas to the field of the high RF power deposition in the above-mentioned chamber, and the field of low RF power deposition.

[Claim 107] It is the approach according to claim 106 characterized by the thing of the above-mentioned RF power supplied to near the pole field of a small induction antenna a little at least.

[Claim 108] It is the approach according to claim 106 characterized by being supplied through a small induction antenna a little [ of the above-mentioned process gas ].

[Claim 109] The above-mentioned process gas is an approach according to claim 104 characterized by including further the step which is supplied to the processing chamber currently formed with the conductive wall, and controls the electrical-potential-difference potential of the above-mentioned conductive wall.

[Claim 110] The approach according to claim 109 characterized by including further the step which grounds the above-mentioned conductive wall.

[Claim 111] The approach according to claim 104 characterized by including further the step which prevents that an eddy current flows the inside of the conductive deposit on the front face of two or more above-mentioned small induction antennas.

[Claim 112] Two or more above-mentioned small induction antennas are approaches according to claim 111 characterized by being segmented about the gap so that the flow of an eddy current may be prevented.

[Claim 113] The approach according to claim 112 characterized by including further the step which adjusts the temperature of two or more above-mentioned small induction antennas by adjusting the temperature of the above-mentioned chamber wall.

[Claim 114] The above-mentioned process gas is an approach according to claim 113 characterized by including further the step which is supplied to the processing chamber currently formed with the conductive wall, and controls the electrical-potential-difference potential of the above-mentioned conductive wall.

[Claim 115] The approach according to claim 104 characterized by including further the step which adjusts the temperature of two or more above-mentioned small induction antennas by adjusting the temperature of the above-mentioned chamber wall.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

(Technical field)

This invention relates to an induction antenna plasma reactor.

[0002]

(Prior art)

The conventional inductively-coupled-plasma reactor has the coiled form typically large induction antenna, in order to supply RF power which generates the plasma. This large coil antenna is arranged typically on the outside of a reactor chamber, and combines RF power through a chamber wall. Such a configuration has some faults.

[0003]

One fault of this type of reactor is that the gestalt of a reactor restricts the location and effectiveness of plasma production. Since the depth of epidermis (skin) is shallow, almost all power is combined with the chamber near a chamber wall. the nearer piece of processing -- a coil -- therefore, the configuration of a chamber is changeable so that a high power deposition (power deposition) field may be moved, but when it is going to make a high power deposition field into the most advantageous location to the piece of processing, it is restricted whether what we do with the configuration of a chamber. These limits are brought about from having the impact for the property of the plasma, and the processing parameter relevant to it with the serious configuration of a chamber. Therefore, a compromise must be found out between the configuration of a chamber, and the pattern of the power deposition of the request in it. Typically, this makes optimization of the power deposition in a chamber activation impossible.

[0004]

Another fault accompanying the conventional induction reactor is that process gas kind dissociation is easily uncontrollable. The plasma is made to form typically using some plasma precursor gas. It depends on dissociation and ionization energy of configuration gas for the presentation of the ion or radical generated from the mixture of gas. If two precursor gas which has substantially different decomposition voltage is used, the precursor gas which mainly has low decomposition voltage will decompose. For example, if both Cl<sub>2</sub> and helium are supplied to a chamber, Cl<sub>2</sub> which has the decomposition voltage of about 9-10eV will dissociate, ion will be formed, and helium which, on the other hand, has the decomposition voltage of about 20eV will not be ionized in essence. Even if this makes induction power increase even if, it is the same. Thus, the conventional reactor had restricted the plasma kind which can be used in order to follow the mold of precursor gas and to process the piece of processing.

[0005]

Still more nearly another problem accompanying the conventional induction reactor is a conductive ingredient's accumulating on the wall of a reactor and degrading the effectiveness and the engine performance of a reactor. From the former, the conventional inductive-coupling etching reactor has been used in order to etch aluminum from the front face of the piece of processing. Most of this etching process produces the by-product which consists of a fragment of an aluminum chloride (AlCl<sub>x</sub>) and a photoresist, and it is tended on the wall of a reactor chamber to deposit these. Since the by-product of aluminum etching is not almost completely [ them ] conductivity, \*\*\*\* does not have the serious effectiveness for an etch rate. A conductive etching by-product is generated, and when they accumulate on a chamber front face, it cannot say in this way. For example, if copper (Cu), platinum (Pt), a tantalum (Ta), a rhodium (Rh), and titanium (Ti) are etched especially, a conductive etching by-product will be generated. In order to etch these metals, in using the conventional inductive-coupling reactor, a problem occurs.

[0006]

The conductive deposit on a reactor wall degrades the engine performance of a reactor in several reasons. The conductive deposit on a wall may decrease the induction power combined with the plasma. Head lining and the upper part of a reactor chamber are made from a non-conductive ingredient typically like a quartz, in order to make easy association of the power from an induction coil antenna to the plasma. The coat formed with a conductive ingredient on the wall of a chamber and head lining has the effectiveness of attenuating the induction power combined with the plasma.

[0007]

If the coat of the inside of the chamber under an antenna is carried out with a conductive ingredient, an eddy current will occur in the ingredient and the power combined with the plasma will be attenuated. Power association into the plasma falls graduated and goes as a conductive film accumulates according to a continuous process. After etching 100 pieces of processing, the power combined into the plasma observed 10 thru/or decreasing 20%. Such reduction of the induction power combined into a chamber reduces an etch rate, and may bring about even the problem which the plasma is made to ignite and is maintained.

[0008]

A conductive film may bring about change which is not predicted by the property of the bias power impressed, either. Typically, the lower part of a reactor wall forms the anode plate of the bias circuit used in order to be made and grounded with the conductive ingredient and to control processing Kataue's ion energy. Since the ion drive of the etching is carried out, especially the property of the bias circuit which controls the ion energy of processing Kataue under etching is important.

[0009]

The conductive film formed on the part from which the chamber wall was insulated may be electrically connected to the anode plate part in which the chamber was grounded. This makes an anode area increase effectually and brings about change which is not predicted by bias power.

[0010]

The fall of inductive-coupling power and the increment in bias power by which capacity coupling is carried out have harmful effectiveness to the etching process. Plasma ion density falls by reduction of inductive-coupling power, and plasma ion energy increases by the increment in bias power by which capacity coupling is carried out. Typically, since it is set before an etching process so that plasma ion density and energy may be optimized, if power level has a certain change in these, it can give the impact which is not desirable to etching quality. For example, the selectivity of a photoresist falls, the etching halt depth becomes shallow, and the ion current / energy distribution, and an etch rate are influenced inconvenient. Furthermore, even if it was after etching only two pieces or three pieces of processing even if, it turned out that an unnecessary change is observed by the etching profile.

[0011]

Of course, the fall of inductive-coupling power can be compensated by making the induction power impressed to an induction antenna increase. Similarly, the increment in bias power by which capacity coupling is carried out can be compensated by decreasing the power supplied to a pedestal. Or when an etching ingredient generates a non-conductive by-product, a chamber wall may often be defecated rather than it is needed typically.

[0012]

However, generally these types of the coping-with method cannot be performed. The user of an etching reactor likes setting up related power level typically according to the so-called "recipe" supplied by the reactor manufacturer. It will be hard for almost all users to accept deviating from a recipe, in order to compensate a conductive deposit. Furthermore, it is thought that the harmful effectiveness mentioned above cannot opt for a necessary change of a power setup beforehand impossible [ prediction ] therefore. Therefore, unless the monitor scheme of a configuration with a user is used, a user is almost unable to change a power input for compensation demanded. the solution in which the only activation is actually possible will be often (frequently like alike, whenever etching actuation is probably completed) making a chamber into clarification. However, it will not be accepted in almost all users, since it reduces a throughput rate and making the frequency of defecation increase makes cost increased sharply.

[0013]

Another problem accompanying the conventional inductive-coupling reactor is too small [ the ratio of the surface area of the anode plate part of a wall to a pedestal ]. Since most walls must be non-conductive in order to make it easy to combine induction power with the plasma, the conductive part which can operate as an anode plate for the capacitive bias supplied from RF power source is only a part of \*\*\*\* of a wall part. It



is desirable to make surface area of a pedestal sharply smaller than the surface area of the grounded part, and to make negative the average electrical potential difference (called direct-current bias voltage in many cases) of the front face of the piece of processing. This negative average electrical potential difference is used in order to draw the just charged ion from the plasma to the piece of processing. However, if only small [ more slightly / so that typically / than the surface area of the part in which the surface area of a pedestal was grounded ] in the conventional inductive-coupling plasma-etching reactor, the negative average electrical potential difference of the front face of the piece of processing will become comparatively small. Since only weak attractive force can be acquired in this small average bias voltage, average ion energy becomes comparatively low. In order to optimize plasma ion energy, without doing serious damage for the piece of processing so that the maximum etch rate may be obtained, a negative bias voltage value also with the high twist which can be typically acquired using the conventional inductive-coupling plasma-etching reactor is required. In order to generate the one half of the negative average electrical potential difference in which the max of the front face of the piece of processing is possible, i.e., a p-p electrical potential difference, it is ideal to enlarge surface area of the part in which the wall was grounded enough as compared with the surface area of a pedestal.

[0014]

Still more nearly another problem accompanying the conventional inductive-coupling reactor includes cooling of the wall of a chamber. Almost all processes are stable and efficient only within the case where it is typically maintained within limits with narrow chamber temperature. Since formation of the heat which the plasma generates may make it go up from the narrow range of which chamber temperature is required, in order to maintain optimum temperature in a chamber, it is desirable to remove heat from a chamber. This is attained by pouring a coolant fluid typically through the channel for cooling formed in the conductive part of a chamber wall. Since it is not easy, forming the channel for cooling in the insulating part of a chamber wall sprays air on these walls from the exterior. The problem to generate is that the thermal conductivity of the quartz currently used typically or an electrical insulation material like a ceramic is also low, in order to form a chamber wall. Therefore, a chamber wall is not ideal to transmit heat from a chamber. Consequently, it is tended to change chamber temperature, in order that the heat transfer from a chamber may stagnate in the field which touches an insulating chamber wall more sharply than the temperature desired. it often comes out to change temperature across the narrow range which is demanded for efficient etching processing and which was mentioned above.

[0015]

These excessive temperature fluctuation may bring about another problem. As mentioned above, the inclination which a deposit deposits on a chamber wall is in an etching process. When it is going to control chamber temperature by carrying out air cooling of the insulating chamber wall, there is an inclination the layer of the deposit formed in whenever [ chamber wall-temperature ], and its inside carries out [ an inclination ] a cycle. This cycling brings about thermal stress in the layer of the deposited ingredient, makes the piece of an ingredient exfoliate from a wall, and is dropped in a chamber. It may stagnate at the bottom of a chamber that the released deposit ingredient also makes the piece of processing pollute (therefore, frequent chamber defecation is needed).

[0016]

(Outline of invention)

This invention offers the improved plasma reactor which uses two or more small induction antennas in order to generate the plasma which processes the piece of processing. What well-known type of induction antenna can also be used for the small induction antenna of this invention. A coil mold antenna, the looping antennas which can generate the Helicon (helicon) wave, and those combination can be used for the gestalt of operation of this invention.

[0017]

With the gestalt of 1 operation, a small coil antenna is secured in a processing chamber, and the plasma is generated. A small coil antenna can be arranged in a chamber so that both the pole field of an antenna may combine power to the plasma. By making an antenna immersed in the plasma, induction power can be more efficiently combined to the plasma. If the interior induction coil of small is used, it will also become possible to carry out orientation of the coil in accordance with a chamber wall besides carrying out orientation of the coil to a right angle to a chamber wall. Power association to the plasma is further improvable with this.

[0018]

In order that the gestalt of operation of this invention may control the piece processing of processing to



fitness more in addition to improving power association to the plasma, it enables it to adjust the power deposition in a chamber. The number and location of a miniaturized antenna in a chamber can be chosen so that a plasma property may be optimized. Furthermore, in order to improve a plasma property, an antenna is fixable to a top wall, a side attachment wall, or a bottom wall. Furthermore, the power deposition in a processing chamber can be adjusted by changing the magnitude and phase relation of RF power which pass along the orientation of a coil, and each antenna.

[0019]

The gestalt of desirable operation of this invention introduces plasma precursor gas alternatively into quantity and a low power deposition field. Process gas can be fed near the antenna chosen so that high power might be supplied. It can be fed through the core of between the reverse poles of the antenna which adjoins in order to improve near [ one ] a pole field and a plasma property, a coil, or a loop antenna.

[0020]

Furthermore, it is combinable with the source power of RF so that RF power deposition in a chamber can be chosen according to the antenna location in a chamber, and an antenna can be adjusted separately. High power deposition is separated for example, from the piece of processing, and is supplied, and on the other hand, low power deposition can be made to be able to approach the piece of processing, and can be supplied. Thereby, a plasma property is optimized and it becomes possible to improve the piece processing of processing. For example, the plasma which has more ion using a high deposition field can be made to be able to form, on the other hand, a more nearly reactant neutral can be made to form using a low deposition field, and these are mixable in order to acquire the plasma property improved by processing Kataue.

[0021]

The gestalt of this desirable operation will also expand selection of precursor gas, and enables an improvement of a plasma property by it. For example, high ionization energy gas like helium can be introduced into a high power deposition field (in order to obtain the ion controlled easily, before mixing it with other gas), on the other hand, another process gas can be introduced into a low deposition field, a reactant neutral can be generated, and the plasma which has the property which subsequently combined and has been improved by processing Kataue can be generated.

[0022]

With the gestalt of desirable operation, the internal antenna of this invention is manufactured so that unnecessary sputtering of an antenna may be prevented. Although it is possible to form an antenna with non-sputtering and a conductive ingredient, it is desirable to form the antenna of a conductive ingredient and to surround it with a non-sputtering jacket completely partially current. It prevents a non-sputtering jacket carrying out the spatter of the ingredient with which the plasma in a processing chamber is located under a jacket into a processing chamber. With the gestalt of 1 operation, an antenna is formed with the conductor material embedded in the non-sputtering jacket. The surrounded non-sputtering jacket enables it to rotate a coil within a jacket with the gestalt of another operation. Furthermore, with the gestalt of another operation, shielding can be inserted into a jacket and RF power can be covered from a processing chamber.

[0023]

With the gestalt of desirable operation, the antenna is combined with the chamber wall so that the heat which an antenna generates may be transmitted to between a jacket and a chamber wall by conduction. in order [ thus, ] to carry out -- an antenna -- soldering -- \*\*\*\*ing -- a stop and taking a seat -- or other than this, it can be alike and can combine with a chamber wall by the adhesion, fusion, or mechanical connection to it. Thereby, what the temperature of a chamber wall is adjusted for can adjust the temperature of an antenna which is the jacket part of an antenna specifically. It can give that adjustment of a jacket prevents a certain deposition of a up to [ the crack of a jacket, flake-izing, and the front face of a jacket ]. This develops the service life of an antenna and prevents contamination of the piece of processing.

[0024]

Preferably, a non-sputtering jacket is electric insulation and is made from the ingredient which presents low RF power attenuation. With the gestalt of such operation, the front face of the antenna exposed to the plasma can be segmented, and the flow of the eddy current in the conductive ingredient deposited on the front face of an antenna can be decreased. With the gestalt of some operation, the part on the front face [ like / near a pole field ] of exposure or other high power deposition fields can be segmented, and the flow of the eddy current in a deposit can fully be decreased.

[0025]

With the gestalt of desirable operation, gas separates the exposure front face of an antenna so that it may prevent that a conductive deposit combines the separated front face electrically. A gap is formed typically,

and while preventing that a conductive deposit combines the front face segmented by making a side attachment wall into sufficient die length to gap width of face, it also prevents that the plasma occurs in a gap. With the gestalt of 1 operation, gaps are about 0.025 thru/or 1mm, and the ratio of height opposite width of face is larger than about 5. As an alternative, additionally, the configuration of the side attachment wall which forms the gap can be adjusted so that it may prevent that a conductive by-product combines the segment of an antenna. With the gestalt of another operation, a side attachment wall cuts near a chamber wall deeply, and has made the gap the configuration of the "T" typeface.

[0026]

As mentioned above, with the gestalt of operation of the some of this invention, process gas can be alternatively introduced into quantity or a low power deposition field. With the gestalt of operation of the some of this invention, two or more process gas can be individually fed into a chamber through an antenna. With the gestalt of this operation, an antenna can be made from a conductive ingredient and it can surround with electric insulation and a thermally conductive non-sputtering ingredient. An antenna encloses a port, and it can use it in order to make the plasma generate an outside or inside a port. As mentioned above, the front face of the antenna exposed to the plasma can be segmented, and it can prevent that the eddy current in a conductive deposit attenuates the power combined with the plasma. The external surface of an antenna, a port, or both can be segmented. The antenna which encloses a port and it is extended from the wall of a processing chamber, or forms the nozzle which carried out the recessus to Kabeuchi. If the gestalt of this operation is used, process gas can be fed through the core of the coil combined with a chamber wall as mentioned above, or a looping helicon wave antenna.

[0027]

Each gestalt of operation of the interior induction antenna of small of this invention can be arranged in any gestalten in a processing chamber, and makes processing Kataue generate a desired plasma property, as mentioned above. Furthermore, any numbers or the small induction antenna of size can be arranged in a processing chamber. The gestalt of some operation can use the miniaturized antenna of various sizes, and, on the other hand, the gestalt of other operations can improve processing with the existing chamber and an antenna layout using the small induction antenna of this invention.

[0028]

The gestalt of desirable operation of this invention also offers a conductive chamber wall, in order to improve the piece processing of processing further. The advantage of arranging an antenna in a processing chamber is making the size of the conductive part of the chamber wall which operates as an anode plate for a direct-current bias circuit increase. While being able to optimize processing speed by preparing a larger anode plate, serious damage for the piece of processing will not be done.

[0029]

A conductive wall can be manufactured with the protective layer which forms the part of the wall suitable for the interior of a chamber. This protective layer protects that the spatter of the ingredient is carried out from a chamber wall by the plasma formed in a chamber. Since the ingredient by which the spatter was carried out from the wall degrades processing quality and pollutes the piece of processing when this protective layer does not exist, it comes to damage the device formed on it. With the gestalt of 1 operation, a conductive chamber wall is made from aluminum and has the protective layer of an aluminum oxide (namely, aluminum by which anodizing was carried out). However, a protective layer can also be a conductive ceramic ingredient like boron carbide.

[0030]

Furthermore, since a chamber wall can be made into conductivity, presenting effectiveness harmful to a plasma property of any conductive deposits on a chamber wall is lost. For example, capacity coupling of RF power brought about by the electrical coupling of the deposit to the touch-down field of the reactor which operates as an anode plate for the energized piece pedestal of processing, and the sudden increment in ion energy do not exist. Therefore, even if the coat of the wall of a chamber is carried out by processing with a conductive deposit, a plasma property will cease to change by using the conductive chamber wall grounded electrically with the interior induction antenna of small.

[0031]

Moreover, the chamber wall made from a conductive ingredient like aluminum presents the larger thermal conductivity for whether your being Haruka than the electrical insulation material used from the former like a quartz or a ceramic. Thereby, heat is quickly transmitted to the coolant fluid which flows through the channel for cooling formed in chamber Kabeuchi from the interior of an antenna and a chamber. Therefore, it is easy to maintain a narrow chamber temperature requirement and to avoid the crack of the deposit on the

chamber wall in the conventional reactor and the problem relevant to exfoliation. Furthermore, it is easy to form the channel for cooling in an aluminum chamber rather than it can set in the conventional quartz wall, and it is cheap.

[0032]

A plasma property is more controllable to fitness by adjusting the amount of RF power supplied to an induction coil antenna and the energized pedestal in addition to the advantage which the gestalt of the operation which has a conductive wall mentioned above. For example, the plasma combined in capacity can be made to form by supplying RF power only to a pedestal (and/or, conductive chamber wall). The plasma combined inductively can be made to form by supplying RF power only to an induction antenna or the selected antenna on the contrary. Or a reactor can be operated using mixing of a certain request of RF power combined inductively and in capacity. Namely, a reactor is in inductive-coupling mode, and is in capacity-coupling mode, or can be operated in combination mode. In order to make various actuation by this carry out through a large process window, an opportunity to use a reactor is given.

[0033]

In addition to the advantage explained above, other purposes and advantages of this invention will become clear from the detailed explanation based on the following accompanying drawings.

[0034]

(Gestalt of operation)

The small induction coil 100 within the wall 210 of the plasma reactor chamber 200 is shown in drawing 1 A. A wall 210 can also be a side attachment wall, a top wall, or what kind of wall that limits a chamber 200 like a bottom wall typically. The source 150 of RF supplies power to the small induction coil 100. A small induction coil carries out induction of the magnetic field (not shown), and this magnetic field carries out induction of the electric field (not shown), and makes the plasma generate in a chamber 200.

[0035]

When using the internal induction antenna of drawing 1 A and 1B, these antennas can be made immersed in the plasma. By making an antenna immersed in the plasma, induction power can be more efficiently combined with the plasma. By using the interior induction coil of small, orientation of the coil can be carried out in accordance with a chamber wall besides carrying out orientation of the coil at a right angle at a chamber wall. Association of the power to the plasma is further improvable with this. Drawing 1 A and 1B show the possible orientation of the some of the small induction coil 100 within a chamber 200. Since a coil 100 is in a chamber 200, as shown in drawing 1 B, orientation of the coil can be carried out, and induction power can be more efficiently combined to the plasma. In drawing 1 B, orientation of the instant magnetic field can be carried out so that both pole field 110b' and 110B" may be exposed to the plasma. Pole field 110b' and 110B" feed almost all induction power. Therefore, induction power association to the plasma can be made to increase further by making induction antenna 100b immersed in the plasma by carrying out orientation of the antenna so that both pole 110b' and 110B" may feed induction power into the plasma.

[0036]

In typical application, a plasma reactor can use some small induction coils in order to generate the plasma for the piece processing of processing. It is desirable to arrange a coil so that the uniform plasma may be acquired by processing Kataue with the gestalt of such operation. By changing the location of a coil, changing the orientation of a coil, or by adjusting the magnitude and phase relation of RF induction power which pass along each of each coil antenna, and changing the profile of the power deposition in a chamber, according to this invention, a small induction coil can be used so that the homogeneity of the plasma inside a chamber may be adjusted.

[0037]

Drawing 2 A-2C is the cutting plan showing the possible array of the interior induction antenna 300 of small in a chamber 200. In drawing 2 A-2C, the coil antenna is arranged around the core of a chamber 200. The interior induction coil antenna 300 of small is securable for it, a top wall, i.e., near head lining, a chamber or.

[0038]

drawing 2 A and 2B -- a coil antenna 300 -- an instant magnetic field polarity -- it is arranged as the core of a chamber met in 310. In drawing 2 A, a coil antenna 300 is driven according to one power source (not shown) or two or more power sources so that the instant magnetic field of an adjoining antenna may present antipole nature toward the core of a chamber 200. Moreover, with the gestalt of operation of drawing 2 A, the pole 310 with which the antenna which counters has met the core of a chamber 200 is presenting reversed polarity.

[0039]

In drawing 2 B, a coil antenna is driven so that the same polarity may be presented on the pole 310 with which the instant magnetic field of an adjoining antenna has met the core of a chamber 200, and so that the pole 310 with which the antenna which counters has met the core of a chamber 200 may have the same polarity.

[0040]

In drawing 2 C, the coil antenna 300 is circularly arranged so that the antenna with which the pole 310 adjoins may be turned to. Like the gestalt of operation of drawing 2 A and 2B, interconnect of a coil antenna 300 and the phase relation of source power can be chosen so that processing Kataue's plasma may become homogeneity. For example, in some application, the near pole of an adjoining antenna can present reversed polarity.

[0041]

The coil antenna 300 of drawing 2 A-2C is securable for one or more side attachment walls 220 of a chamber, as shown in drawing 3 . Furthermore, as shown in drawing 4 , an antenna is also securable for the bottom wall 230 of a chamber 200. Furthermore, in order to adjust the power distribution in a chamber 200, the antenna 300 of any numbers can be used. Thus, the homogeneity of the plasma on the piece 10 of processing can be optimized by changing those locations in the number of antennas, and a chamber 200.

[0042]

Drawing 5 shows another possible array of the coil in a chamber. Especially the antenna 300 can be arranged in the shape of [ globular form ] dome shape, as shown in drawing 5 . In order to optimize the power deposition in a chamber 200, in addition to adjusting the location and phase relation of an antenna 300, the amplitude of each antenna coil can also be adjusted. For example, the further antenna from a pedestal 16 can supply much power to the plasma-like [ antenna / near / proportionally ] by that cause.

[0043]

Furthermore, the gestalt of desirable operation of this invention enables control by which plasma species density has been improved. On the other hand, law is a thing which enable it to attain this and for which precursor gas is alternatively introduced in the quantity in a chamber, or the field of a low power field. In order to control a plasma property, the power level of an antenna 300 can be adjusted in independent. For example, with the gestalt of operation of drawing 6, one or more precursor gas can be supplied through the gas port 270 arranged near head lining in which the antenna 300 chosen so that high power may be supplied is attached, and, on the other hand, a gas port 275 supplies one or more same precursor gas in near the side attachment wall in which the low power antenna 300 is attached. Therefore, the overall characteristic of the plasma is controllable by adjusting the power level supplied to each of each antenna 300.

[0044]

It is also possible to supply different plasma precursor gas into quantity and a low power deposition field. With the gestalt of such operation, the gas which has high ionization energy can be supplied into a high power field like the pole 310, and the gas which has low ionization energy on the other hand can be introduced into the field of low power. For example, with the gestalt of operation of drawing 6 A and 6B, one precursor gas which has high ionization energy can be supplied through the gas port 270 arranged near head lining in which the high power antenna 300 is attached, and, on the other hand, a gas port 275 supplies the precursor gas which has low ionization energy to the side-attachment-wall 220 neighborhood in which the low power antenna 300 is attached.

[0045]

The advantage of being able to supply precursor gas which is different to the field of quantity or low power deposition is that it expands the mold of the precursor gas which can be used in order to make the plasma form. Consequently, the property of the plasma can improve so that the piece processing of processing may be optimized. For example, helium can be used instead of Ar as a source of ion. One advantage of helium when comparing with Ar is that helium cation is not MASSHIBU from Ar cation. Therefore, helium cation is more sharp to the impressed piece bias of processing. Consequently, higher processing speed becomes possible, without doing charge damage to the piece of processing.

[0046]

Still more nearly another advantage of the gestalt of desirable operation of this invention is not making a chamber from an insulating material. In order to prevent the magnetic field generated by external coiling declining sharply conventionally, the part of the chamber wall located under an induction coil antenna had to be made from the non-conductive ingredient which is a quartz or a ceramic typically. It is not necessary to take this problem into consideration any longer by arranging a coil inside a chamber. Therefore, a chamber

wall can be made from a conductive ingredient like aluminum.

[0047]

Much desirable effectiveness is acquired by making a chamber wall into conductivity. The chamber walls 220 and 240 can be grounded electrically, and it can be made to serve as electric touch-down for RF power supplied through a pedestal 16, as shown [ 1st ] in drawing 35 . The surface area of the chamber walls 220 and 240 is larger than the crawler bearing area used conventionally for whether your being Haruka.

Furthermore, it is conductivity now and the surface area of the chamber walls 220 and 240 grounded exceeds sharply the surface area of the pedestal 16 by which RF energization is carried out. Since negative, thereby more large bias voltage occurs, it makes it possible to generate the more nearly optimal plasma ion energy and the directivity for the front face of the piece of processing.

[0048]

also setting it as the electrical-potential-difference potential in which others have drawing 35 in the thing which are desired although the whole is formed with a conductive ingredient and shows the chamber wall grounded, and for which some walls will be formed with a non-conductive ingredient if it becomes, or a wall -- or it wishes -- if it becomes, it can also float. As mentioned above, the advantage of this invention is that it removed the limit to the size of the charge of a non-conductive chamber wallplate and arrangement which are imposed by the external induction antenna.

[0049]

Another advantage of using a conductive chamber wall is solving the problem of the electrical-potential-difference shift generated when the conductive deposit on a dielectric wall combines with the field where the chamber's was grounded electrically. The chamber walls 220 and 240 are already conductivity, since it is grounded electrically, even if an additional conductive ingredient accumulates on the inside of a wall, are unrelated and do not influence bias voltage or a plasma property at all.

[0050]

Still more nearly another advantage of using the conductive chamber walls 220 and 240 is being able to heighten the capacity which cools these walls. For example, the chamber wall made from aluminum presents thermal conductivity high for whether your being Haruka as compared with the wall made from the quartz of the conventional inductive-coupling plasma-etching reactor (for example, quartzes are 0.8 W/mK to aluminum being 204 W/mK). Furthermore, the channel 216 (shown in drawing 7 A-7B) for cooling is easily formed in the aluminum chamber wall 212, it is possible to make the whole chamber from aluminum now, and the channel 216 for cooling can be distributed over the whole chamber wall. Thereby, in the conventional inductive-coupling RF plasma reactor, the need of carrying out air cooling of the exterior of the needed chamber wall is eliminated. It is the heat transfer approach efficient for whether your being Haruka to pass a coolant through the channel 212 for internal intercooling. Therefore, heat transfer to the coolant fluid which flows the inside of the channel 216 for cooling currently formed in the chamber wall 212 from a chamber 400 is quick for whether your being Haruka. With this heat transfer rate that increased, fluctuation of chamber temperature can be made small whether you are Haruka. Consequently, efficient etching processing can be guaranteed and chamber temperature can be easily maintained in a narrow temperature requirement required in order to prevent a contamination deposit's breaking and exfoliating from a chamber wall.

[0051]

However, a metal conductive chamber wall like aluminum may have a potential fault. It is tended under some processing conditions to carry out the spatter of these ingredients. The ingredient by which the spatter was carried out from the wall pollutes the piece of processing, and there is a possibility of damaging the device formed on it. This potential problem can be prevented by making a protective coating 45 form in the inside of a chamber wall, as shown in drawing 5 . This coat 45 bears the effectiveness of the plasma, and it is designed so that it may prevent carrying out the spatter of the conductive ingredient into a chamber 200 by that cause. furthermore, a wall presents a coat 45 -- to an electric and thermal property, serious effectiveness is designed so that there may be no \*\*\*\*. If a chamber wall is aluminum, what is done for anodizing of the inside (that is, a coat is carried out in the layer of an aluminum oxide) is desirable. An anodizing finishing aluminum layer gives the protection property mentioned above. As an alternative, in order to prevent sputtering and surface reaction of a wall, a conductive ceramic ingredient can be chosen so that the inside of a chamber may be formed, or so that the coat of them may be carried out. For example, boron carbide is suitable selection.

[0052]

The same sputtering problem exists also in the small coil antenna mentioned above. If the coil antenna is

formed with the metal, unnecessary sputtering by the plasma pollutes the piece of processing, and coil structure may be corroded quickly. In order to prevent this, it is made from the gestalt of 1 operation with a non-sputtering conductivity ingredient like the conductive ceramic like boron carbide. With the gestalt of another operation, the coil antenna was formed with the metal core and has isolated it from the plasma with the non-sputtering ingredient.

[0053]

With the gestalt of 1 operation, as shown in drawing 7 A, the metal coil 402 can be surrounded with the non-sputtering jacket 412. Also as for the non-sputtering jacket 412, it is desirable that it is a poor conductor like the ceramic like alumimium nitride, and is a good conductor. A miniaturized antenna 400 is combinable with the wall 212 of a chamber so that the heat exchange channel or conduit 214 which gives the path of a heat flow may be formed between an antenna 400 and a wall 212. the gestalt of 1 operation -- heat exchange -- in order to transmit the heat which the antenna 400 generated to a chamber wall by conduction, a conduit 214 couples an antenna 400 directly with a wall 212 by soldering an antenna 400 in a wall 212 etc., and is made. an antenna 400 -- \*\*\*\*ing -- a stop, adhesion, fusion, etc. -- a wall -- connection -- or -- other than this -- alike -- joining together -- heat exchange -- a conduit can be made to form

[0054]

By combining an antenna 400 with a wall 212, the temperature of a wall 212 can be adjusted and the temperature of an antenna 400 can be adjusted. Therefore, the temperature of an antenna 100 can be adjusted by carrying out the pumping of the coolant through the channel 216 within the reactor wall 212. Combining an antenna 400 with a wall 212 so that an antenna 400 may make a wall 212 conduct heat, and adjusting the temperature of a wall 212 constitutes the means for adjusting the temperature of an antenna 400.

[0055]

Adjusting the temperature of an antenna 400 prevents the crack of a jacket 412, and flake-ization, and it prevents the crack of a certain contamination deposit and flake-izing which may be accumulated on the front face of an antenna 400. Typically, a crack and flake-ization are generated by the thermal-expansion cycle. For example, the antenna which is not adjusted can be given to 500 degrees C or the temperature beyond it, and, subsequently is cooled to a room temperature. This type of temperature cycle has a possibility of making the coat the front face of an antenna, or on it, an accumulation object, or the jacket itself producing a crack or a flake. If the antenna is located processing Kataue or near the and a temperature control is not carried out, it is possible that a piece pollutes the piece of processing. Furthermore, if the temperature of an antenna is adjusted, possibility that a jacket and a conductor will dissociate will decrease. It depends for the optimal operating temperature of an antenna on the presentation of the mold of a by-product, and an antenna. It can be determined easily experientially and predicted to be what it is to about 100 to 300 degrees C.

[0056]

With the gestalt of this operation, the good conductor which transmits heat quickly is chosen so that an antenna 400 may not be heated by the ununiformity. If heated by the ununiformity, thermal stress is brought to an antenna 100 and the dependability may be reduced. a current -- a conductor -- if a coil 402 is passed, with a conductor, heat will be generated and it will heat an antenna 400. Since it is cooled with a wall 212, a temperature gradient may generate an antenna in an antenna 400. By using a good conductor, the temperature gradient in an antenna can be decreased so that an antenna 400 may be degraded or an antenna 400 may not receive sufficient thermal stress which degrades association with an antenna and a wall. Furthermore, the thermal conductivity of an antenna must enable it to optimize the temperature of an antenna so that an antenna or a by-product may not flake-ize, and so that deposition of the by-product on the front face of an antenna can be controlled as mentioned above.

[0057]

without making the jacket of a poor conductor form produces the path which reaches touch-down through the grounded chamber wall 212 -- a conductor -- a means to combine a coil 402 with the conductive chamber wall 212 is given. If the non-sputtering jacket 412 is formed with a conductive ceramic ingredient like boron carbide, a jacket 412 is combinable with a wall 212 through the electric insulation layer (not shown) formed between conductive jacket 412 ingredient and the conductive chamber wall 212. thus, the heat exchange in which a heat-conduction layer will be formed of association with an antenna and a chamber wall if it carries out -- a conduit is constituted and a means by which this adjusts the temperature of an induction antenna by adjusting the temperature of a chamber wall is constituted.

[0058]



Drawing 7 A shows the gestalt of possible operation of the interior induction antenna 400 of small of this invention. In the gestalt of operation of drawing 7 A, a jacket 412 is formed in the configuration of a block and the conductive coil 402 is arranged in the jacket 412. As shown in drawing 7 A, a coil 402 can be wound around the surroundings of an iron core 414 in order to improve a magnetic-flux property. As shown in drawing 7 A, carrying out direct continuation of the coil 402 to RF power source can also interconnect to RF power source through other antennas.

[0059]

An antenna 400 is combinable with the chamber wall 212 with soldering 214. The soldering association 214 makes it possible to exchange heat between an antenna 400 and a wall 212. In the gestalt of this operation, the temperature of a jacket 412 and the temperature of a conductor 402 are adjusted by carrying out the pumping of the coolant through the channel 214 within a wall 212. between an antenna and walls -- heat exchange -- in order to form a conduit, combining with a wall 212 passes over an antenna 400 only to one approach by soldering. the gestalt of operation of drawing 7 A -- the heat exchange between an antenna 400 and a wall -- the conduit 214 must have sufficient thermal conductivity whose adjustment of temperature is enabled so that an antenna and wall association may not be separated so that a crack or flake-ization may not arise at an antenna by the thermal-expansion cycle of an antenna 400.

[0060]

The gestalt of operation of drawing 7 A is also using the gap 422 for the front face of the antenna exposed to the interior of a chamber 200. Separation of the exposure front face of an antenna decreases the eddy current which may be generated in the conductive deposit (not shown) formed on the front face of an antenna.

[0061]

The eddy current in the conductive by-product on the front face of an antenna 400 attenuates power association between an antenna 400 and the plasma. Therefore, the power fed by the plasma decreases gradually and goes as the piece of processing is processed. This influences a plasma property like a consistency and a plasma-etching rate. Since the piece processing of processing needs precise control of a plasma property, fluctuation of antenna power association degrades the piece processing of processing.

[0062]

Induction of the eddy current is carried out by the electric field 418 accompanying the changing magnetic field 416 which is generated by RF power which passes along a coil 402. The gap 422 is formed so that it may prevent that a conductive deposit connects electrically between the front faces separated with the gap 422. Furthermore, the gap 422 in the front face of an antenna 400 answers electric field 418 and a magnetic field 416, and orientation is carried out so that it may prevent that they pass an eddy current.

[0063]

With the gestalt of operation of drawing 7 A, the gap is horizontally formed along the front face of the antenna pole field 410' and near 410." When using the interior antenna 400 of small, pole field 410' and 410" are high power deposition fields. Thus, a gap 422 can be formed only near pole field 410' and 410" so that almost all eddy current loss may be decreased. Although not illustrated to drawing 7 A, in order to decrease eddy current loss further, it is possible to make a gap form in any front faces in which a conductive deposit may be formed.

[0064]

Drawing 7 B shows the side face of the gestalt of another operation of this invention. In addition to the level gap, in the gestalt of this operation, the perpendicular gap 424 is formed along the front face of the antenna 400 near pole field 410'. Furthermore, the gap 426 is also formed along the front face of the antenna in the non-pole field of an antenna 400.

[0065]

The flow of an eddy current is prevented by separating or segmenting the front face of an antenna 400. Thus, separating the front face of an antenna 400 with a gap 422 constitutes the means for improving further the induction power which the eddy current generated in the conductive deposit on the front face of an antenna is decreased, and is combined to the plasma.

[0066]

Drawing 8 A and 8B are referred to. With the gestalt of desirable operation, the conductive deposit of the size of a gap 422 is fully large so that it may prevent connecting electrically the front face which bridges a gap and is separated with the gap. Furthermore, with the gestalt of desirable operation, gap size is chosen so that the plasma may not be generated in a gap 422. Therefore, the maximum gap size is governed by the equation of the following debyes (Debye).

$\lambda_{De} = (\epsilon_0 T_e / en_0)^{1/2}$  -- here --  $\lambda_{De}$  -- Debye length -- it is --  $\epsilon_0$  -- the permeability



of free space, and  $8.854 \times 10^{-12}$  F/m -- it is --  $T_e$  -- electron-temperature = 4V -- it is --  $e$  -- an electronic non-sign charge -- it is --  $n_0$  is a plasma consistency.

In typical application, a gap is formed so that it may have the parallel side attachment wall extended in the bottom of the exposure front face of a jacket 402, as shown in drawing 8 A, and these side attachment walls are separated by width of face of about 0.025mm thru/or 1mm.

[0067]

In order to prevent combining electrically the front face 432 where the conductive deposit in a gap 422 was separated, parallel side-attachment-wall 434a has the typically larger aspect ratio than 5. With the gestalt of operation of drawing 8 B, a jacket 402 can be formed so that it may prevent that the part of the gap 422 extended in the bottom of the front face 432 of an antenna forms the "T" typeface, and a conductive by-product combines a segment. The die length of side attachment walls 434a and 434b enlarges enough combining the front face 432 where the conductive ingredient deposited in the gap was separated as compared with the width of face of a gap 422 so that it may prevent.

[0068]

Drawing 9 A is referred to. With the gestalt of still more nearly another operation of this invention, the coil 412 is partially surrounded with the jacket 502, and is located in the internal part 504 of the antenna 500 currently formed with the jacket 502. With the gestalt of this operation, from the jacket 502 of an antenna 500, heat is carrying out the seat of the antenna 500 into the chamber wall 222 using well-known mechanical connection of a flange 226, chasing, and others so that it can flow to the chamber wall 222 in the association 224 with an antenna 500 and a wall 222. Therefore, the temperature of an antenna 500 can be adjusted by adjusting the temperature of the chamber wall 222. Furthermore, with the gestalt of this operation, the temperature of an antenna 500 can also be adjusted by cooling the internal part 504.

[0069]

Drawing 9 B is referred to. With the gestalt of this operation, in order to control the power profile of the outside of an antenna, shielding 540 is used. For example, shielding 540 can be arranged in the internal part 504 partially or extensively in order to decrease the power deposition in a chamber 200 alternatively. Shielding can be arranged near the pole of an antenna 200, or to a non-pole field.

[0070]

Drawing 9 C is referred to. It is also possible to form the jacket 602 which has the side attachment wall 606 of a cylindrical shape. With the gestalt of this operation, in order to change the power deposition in a chamber, a coil 412 can be rotated rotating a coil 412 and a jacket 602 together or by rotating a coil within a jacket 502. Thus, the orientation of a coil 412 can be adjusted and power deposition in a chamber can be made the optimal. For example, the pole orientation of the antenna of drawing 2 A-2C can be obtained rotating a coil to a jacket, or by rotating the antenna 600 whole.

[0071]

It can also make to form all or a part in midair into a solid, and, as for the internal part which encloses the coil and core of drawing 9 A-9C, it can make easy shielding, coil rotation, and/or coil cooling. With the gestalt of 1 operation, the glass jacket of the bell mold which has the interior of in the air makes possible rotation of an antenna, shielding, and a temperature control, for example, preventing sputtering of a conductive coil.

[0072]

As mentioned above, the selection to which a plasma property and process gas were expanded in the gestalt of operation of the some of this invention is controlled more by what (it is shown in drawing 56 B like) the field of quantity or low power deposition is approached, and a gas port is alternatively arranged for to fitness, and it becomes possible to improve the piece processing of processing, and cost by it. Furthermore, the gestalt of other operations of this invention enables it to supply process gas through the core of the selected coil. Drawing 10 A-10F show the gestalt of the possible operation of a small induction coil antenna which has the process gas port arranged in a coil.

[0073]

Drawing 10 A is referred to. The induction coil 1012 encloses the gas port 1270. With the gestalt of this operation, as for the diameter of a port 1270, the plasma is made not to be formed in a port 1270. Therefore, the diameter of a port is governed by Debye length.

[0074]

Moreover, with the gestalt of this operation, the coil 1012 is embedded in the thermally conductive jacket 1402, and it can be fixed to a chamber wall so that the heat which the coil generated may be transmitted to a chamber wall. Furthermore, the coil should be electrically insulated forming the electric insulator (not

shown) divided into the surroundings of a coil 1012, or by forming the jacket 1402 of the electrical insulation material which does not attenuate greatly the induction power supplied to a chamber. Furthermore, as mentioned above with the gestalt of this operation, it is desirable to form the front face of the antenna exposed to the plasma with a non-sputtering ingredient. For example, in some application, sputtering is prevented, and in order to give heat conductivity and electric insulation, a jacket 1402 can be formed with ceramics, such as alumimium nitride.

[0075]

Drawing 10 B is referred to. As mentioned above, in order for a thermally conductive ingredient to accumulate and to decrease the eddy current in a conductive deposit, a gap 1422 can be formed in the front face of an antenna 1100. These gaps 1422 segment the exposure front face of an antenna 1100, and it prevents that an eddy current flows the inside of the conductive deposit on the front face of an antenna 1100. With the gestalt of this operation, as shown in drawing 10 B, a gap 1422 can be approached and formed in a pole field, and as crossing the front face of an antenna and lengthening to linearity is also shown in drawing 10 E, the segment of a segment can also be formed in the front face of the antenna jacket 1702. it wishes with the gestalt of this operation -- if it becomes, the plasma distribution in a chamber will be controlled -- as -- some [ of a miniaturized antenna ] -- or all are boiled, it can be made to be able to approach and a magnet 1700 can also be formed. As the chain line has shown, a magnet 1700 can also be wrapped in a jacket ingredient.

[0076]

Drawing 10 C is referred to. With the gestalt of another operation, process gas can be fed through the port 2270 arranged among one or more loop formations of the small induction antenna which can generate a helicon wave, and which was strengthened magnetically. With the gestalt of this operation, a conductor 2012 is made twice into a loop formation around a gas port 2270, and 180 degrees of phases of RF current within two loop formations are shifted so that a helicon wave may be made to spread. The distance between loop formations has taken one half of RF periods (in the case of 13.56MHz, it is about 12.5cm) for the helicon wave by which induction was carried out to spread between two loop formations.

[0077]

The conductor 2012 is embedded in the jacket 2402. As for a jacket, it is desirable to be electric insulation and to form with a thermally conductive ingredient by non-sputtering, like the gestalt of operation mentioned above.

[0078]

The inside and the outside electromagnet 2800 are arranged in the shape of a periphery around the outside of a conductor 2012, strengthen plasma generating, and control the plasma distribution in a processing chamber. The current in the inside and the outside magnet 2800 can be adjusted so that the magnetic field emitted quickly on the outside of a colla tempestade TERARU chamber cylinder may be generated. The shaft-orientations magnetic field in a port 2270 leads the plasma to a processing chamber, and the plasma is emitted into a processing chamber. This emission is useful also to that of \*\*\*\*\* from the piece of processing in a magnetic field. An interaction with RF electric field which carried out induction to the shaft-orientations magnetic field in a cylinder generates a helicon wave. A helicon wave is spread into a processing chamber according to landau (Landau) damping according to dispersion relation.

[0079]

Since some attribute and example of a helicon wave plasma production device are indicated by Campbell's and others U.S. Pat. No. 4,990,229 on February 5, 1991, U.S. Pat. No. 5,421,891 on June 6, 1995, and U.S. Pat. No. 5,429,070 on July 4, 1995 (name common to all "HIGH DENSITY PLASMA DEPOSITION AND ETCHING APPARATUS"), please refer to.

[0080]

A helicon wave antenna is not limited to the layout mentioned above for generating  $m=0$  helicon wave. For example, in order to generate a helicon wave, a single loop antenna can also be used. Moreover, the helicon wave in other modes like  $m=1$  can be made to be able to generate using other antenna configurations, and the plasma can be made to form.

[0081]

With the gestalt of operation of drawing 10 C, the diameter of a port 2270 is chosen so that the plasma may not occur in a port 2270. However, with the gestalt of operation of drawing 10 D, the port 3270 is formed so that the plasma may be formed in a port 3270. With the gestalt of operation of drawing 10 D, as mentioned above, the conductor 3012 is embedded in the jacket 3402. Since the interior of a port is exposed to a conductive deposit, in order to prevent decreasing the power with which the eddy current which carries out

induction is combined in the conductive accumulated deposit to the plasma, the inside of a port 3270 is segmented. Only the whole interior or the part close to the field of high power deposition can be segmented. In drawing 10 D, the gap 3422 is segmenting the part 3428 so that it may prevent that an eddy current flows the surroundings inside the port near an antenna loop.

[0082]

Like the gestalt of operation of drawing 10 C, the magnet 3800 is arranged around the port 3270, generates a shaft-orientations magnetic field in a port, and is promoting generation of a helicon wave, and plasma distribution of the outside of a port 3270. As the chain line shows, the magnet 3800 is wrapped in in the jacket 3402.

[0083]

The advantage of the antenna which can generate a helicon wave is that it can operate covering that it combines source power efficiently and the source power of RF with wide range it (.05-3.0kW), magnetic field strength (30-300G), and a pressure (0.5-50mT). Another advantage of a helicon wave antenna is being able to attain an ionization rate with the helicon wave antenna near 100% by adjusting a plasma parameter. It is possible to make the plasma flow into a processing chamber so that the more uniform processing plasma may be generated from the plasma which a helicon wave generates in a magnetic field being a uniform property.

[0084]

Drawing 10 E is referred to. It is possible to make the plasma form in the port 4270 which has passed through the core of the small coil antenna 4000. With the gestalt of such operation, in order to prevent that a conductive deposit is formed in a conductive deposit, the wall of a port 4270 is separated into the segment by the gap 4426. Furthermore, a gap 4422 can separate a part of external surface of an antenna 4000, or all.

[0085]

Drawing 10 F is the bottom view of the gestalt of still more nearly another possible operation. In the gestalt of this operation, the external base of the cylindrical shape antenna 5000 was separated into the segment segment by the gap 5422, and it has prevented that an eddy current flows around the bottom of the antenna 5000 near the pole field of an antenna. Moreover, with the gestalt of operation of drawing 10 F, the gap 5426 is formed in the inside of a port 5270, and it has prevented that a conductive deposit contacts and accumulates on the inside of a port 5270.

[0086]

Regardless of the orientation of the conductor in a jacket, the outside of the antenna exposed to a processing chamber can be segmented so that it may prevent that the conductive deposit accumulated on these outsides contacts and joins together. When an adjoining chamber wall is used as cathode for the bias impressed in capacity, the gestalt of this operation can prevent a conductive deposit being electrically combined with a chamber wall, and changing cathode area sharply during the piece processing of processing.

[0087]

it mentioned above -- as -- current -- electric insulation is desirable and it is forming the antenna of the conductive ingredient surrounded with the thermally conductive non-sputtering jacket. With the gestalt of other operations of this invention, a conductive ingredient can be surrounded by non-sputtering with the jacket of the electric insulation surrounded with the thermally conductive jacket. Furthermore, with the gestalt of another operation, in order to prevent that the spatter of the exposure front face of an antenna is carried out and to make the temperature control of an antenna easy, a conductor can be surrounded with a jacket thermally conductive by the electric insulation which has the non-sputtering jacket which encloses the electric insulation jacket completely partially.

[0088]

Furthermore, an internal induction antenna is securable, as mentioned above dismountable or fixed in a processing chamber sitting down, \*\*\*\*ing and making a chamber wall connect or paste a stop, fusion, or in addition to it etc. With the gestalt of desirable operation, in order to make the temperature control of an antenna easy, the antenna is combined with the wall so that heat can be exchanged between an antenna and a chamber wall. Moreover, an antenna is also securable for supporter material combinable with a chamber wall.

[0089]

The advantage of the gestalt of operation of drawing 10 A-10F is that it concentrates more to precursor gas and can impress source power to it. Moreover, each antenna can be used in order to control the consistency of a plasma kind. Furthermore, by having made selection of process gas expand, in order to improve processing, each antenna can be used. With the gestalt of such operation, the gas which has high ionization

energy can be supplied into a high power antenna, and the gas which has low ionization energy on the other hand can be introduced through a low power antenna. For example, with the gestalt of operation of drawing 11, the precursor gas which has high ionization energy can be supplied through the high power antenna 6000 secured to the top wall 6240, and the precursor gas which has low ionization energy on the other hand can be supplied through the low power antenna 6100 secured to the side attachment wall 6220.

Consequently, the property of the plasma is improvable so that the piece processing of processing may be optimized.

[0090]

In drawing 11, the gas port which passes along antennas 6000 and 6100 and these antennas forms the nozzle extended into a processing chamber. Antennas 6000 and 6100 and the nozzle currently formed of the gas port are securable connecting with walls 6220 and 6240 mechanically, or by combining with walls 6220 and 6240. Thus, a nozzle is securable for the chamber walls 6220 and 6240 as shown in drawing 11 so that they may be extended from walls 6220 and 6240, or so that the recessus may be carried out into a wall 6220 and 6240. Supposing it wishes, a nozzle is also securable flat-tapped with a chamber wall. Furthermore, in order to control processing Kataue's plasma property by the gestalt of some operation, it is possible to prepare the nozzle which can be adjusted so that the location of a nozzle can be adjusted.

[0091]

As mentioned above, in order to acquire a desired plasma property in the piece of processing, the interior induction antenna of small of this invention can be arranged with any gestalten in a processing chamber. Furthermore, any numbers or the small induction antenna of size can be arranged in a processing chamber. In the gestalt, of some operation, the miniaturized antenna of various sizes can be used and, on the other hand, processing can be improved with the existing chamber and an antenna layout with the gestalt of other operations using the small induction antenna of this invention.

[0092]

According to the gestalt of operation of this invention which uses a conductive chamber wall in addition to the advantage explained above, it is possible to be in capacity-coupling mode, and to be in inductive-coupling mode, or to operate a reactor in those combination. If RF power can be supplied to a pedestal, without supplying RF power to a dielectric antenna, a reactor will operate in capacity-coupling mode. As mentioned above, since the surface ratio of a pedestal and a conductive anode plate part is inadequate, in the conventional inductive-coupling plasma-etching reactor, this is impossible. In the surface ratio typically looked at by the conventional induction reactor, capacity power association becomes poor and it turns out that it is inadequate for generating the plasma in a chamber. As an alternative, RF power can be supplied to an induction antenna, without supplying RF power to a pedestal. If it does in this way, a reactor will operate in inductive-coupling mode.

[0093]

In the pressure of the range of an about 1mm torr thru/or a 100mm torr, the inductive coupling is more more efficient, and the capacity coupling is more more efficient in the pressure of the range which is an about 100mm torr thru/or 10torr on the other hand. Some process is carried out by best using inductive coupling in lower pressure workability, and, on the other hand, other etching processes are carried out by best using capacity coupling in higher pressure workability. Therefore, since the gestalt of operation of the some of the reactor manufactured by this invention can support the processing covering a pressure range large for whether your being Haruka, it is rich in versatility from any of the conventional inductive coupling or a capacity-coupling plasma-etching reactor.

[0094]

Furthermore, inductive coupling generates more ion and, on the other hand, capacity coupling generates more reactant neutral kinds. A different process or a different process step requires more ion or more reactant neutral kinds depending on the result of a request in many cases. The reactor manufactured according to the gestalt of operation of this invention is supplied to a pedestal, and at an internal induction antenna, collectively, since the amount of RF power combined inductively and in capacity into a chamber by changing the amount of the power supplied separately can be changed easily, it can control the presentation of the plasma by the technique of having been impossible at conventional inductive coupling or a conventional capacity-coupling etching reactor. For example, it can carry out by the ability making it able to join together more inductively so that the plasma in which ion was rich in the step of the some of an etching process may be formed, and it can carry out by making it join together in capacity so that the plasma in which the reactant neutral was rich on the other hand may be formed.

[0095]

Furthermore, in addition to controlling a plasma property by controlling the power deposition of each antenna, in order to maintain the plasma, only one source does not necessarily need to be used for an induction antenna. The plasma is partially maintainable at least through capacity coupling which uses the pedestal energized not right [ that ]. In order to generate desired seed concentration regardless of power required in order to maintain the plasma by this, RF power supplied to an antenna can be adjusted.

[0096]

Drawing 12 shows the improved source plasma reactor 7000 of Helicon. A chamber 7200 holds the piece 10 of processing in it. A part of chamber 7700 contains the inductive-coupling antenna 7000 of the source power applicator 7100 of inductive coupling strengthened magnetically. The plasma is generated in a chamber 7200 from the process gas for processing the piece 10 of processing. Process gas can be introduced through the gas inlet port 7270 arranged near an antenna 7000 or through an antenna 7000.

[0097]

The \*\*\*\*\* applicator 7100 of drawing 12 can generate a helicon wave, in order to generate the plasma. In the conventional reactor which can generate a helicon wave, the duplex loop antenna is arranged around the outside of the cylinder of the bell mold part of a chamber. However, with the gestalt of operation of drawing 12, the antenna 7000 is formed in the bell mold part 7750 of a chamber 7200.

[0098]

In the internal induction antenna of drawing 12, in order to prevent sputtering of a conductor 7012, the jacket 7402 encloses the conductor 7012. A jacket 7402 can be formed with a ceramic ingredient, in order to prevent sputtering of a conductor 7012 as mentioned above, and to insulate electrically.

[0099]

In order to prevent the eddy current in the conductive deposit on the exposure front face of an antenna 7000, it is desirable to have the front face 7428 where the jacket 7402 was segmented current. As mentioned above, in order to prevent that a conductive deposit combines a segment electrically, a jacket 7402 can be segmented with a gap 7428.

[0100]

also segmenting all the insides of the bell mold part of a chamber to a periphery ring and/or a segment segment, in using a loop antenna, or an antenna -- only the part close to a conductor can also be segmented.

[0101]

The wall 7220 of a chamber 7200 is conductivity like aluminum, and can be made from a thermally conductive ingredient, and the electrical-potential-difference potential of a wall can control potential by fixing to touch-down etc. The exposed chamber wall 7220 can have a coat 7045, in order to prevent sputtering of a chamber wall, as mentioned above. With the gestalt of some operation, the wall 7750 of the bell part of a chamber 7200 can be formed with glass etc.

[0102]

In order to prevent the crack of a jacket and a deposit, and flake-ization, it is desirable to adjust the temperature of an antenna. The channel 7216 for cooling for temperature control can be prepared for Kabeuchi of a chamber 7200. Therefore, with the gestalt of some operation, the temperature of an antenna can be adjusted by adjusting the temperature of the chamber walls 7750 and 7220.

[0103]

If a helicon wave is used in order to generate the plasma as mentioned above, over large temperature and a large pressure range, it is uniform and the plasma of high density can be generated. By this, the large process window for both the processes of etching and deposition becomes possible. Since some attribute and example of a helicon wave plasma production device are indicated by Campbell's and others U.S. Pat. No. 4,990,229 on February 5, 1991, U.S. Pat. No. 5,421,891 on June 6, 1995, and U.S. Pat. No. 5,429,070 on July 4, 1995 (name common to all "HIGH DENSITY PLASMA DEPOSITION AND ETCHING APPARATUS"), please refer to.

[0104]

In order to generate a helicon wave, if a current is supplied to an antenna 7012 from the source generator of RF,  $m=0$  helicon wave will generate the current from which 180 degrees of phases have shifted in a bell chamber, so that a current may pass one loop formation clockwise and may pass the loop formation of another side counterclockwise. Although not illustrated, in order to carry out induction of the  $m=0$  helicon wave, in a present field like a single loop antenna, other well-known antenna gestalten can be used, for example. Furthermore, the plasma is generable using the helicon wave in other modes like  $m=1$ . A bell chamber can be 10cm in diameter, and the optimal distance between loop formations takes one half of the time amount of RF period (in the case of 13.56MHz about 12.5cm) for the helicon wave which carried out

induction to spread between two loop formations.

[0105]

In the gestalt of operation of drawing 12, the chamber power applicator also contains the nested electromagnet 7800 made to generate a shaft-orientations magnetic field in the bell part 7700 of a chamber 7200. By the interaction with RF electric field which carried out induction to the shaft-orientations magnetic field in the bell part 7700 of a chamber 7200, the helicon wave in which the plasma is made to form occurs.

[0106]

The current in the inside and the outside magnet 7800 can be adjusted so that the magnetic field emitted quickly on the outside of the bell part 7700 may be generated. Turn and lead the plasma to the piece of processing, it is made to emit there, and the shaft-orientations magnetic field in the bell part 7700 which is within the limits of about 30 thru/or 300 gauss typically makes the piece of processing 10 neighborhoods generate the uneven plasma. This emission is useful also to that of \*\*\*\*\* from the piece 10 of processing in a magnetic field. Supposing it wishes, in order to prevent sputtering of a chamber wall and to control the plasma consistency in a chamber, it is also possible to form a magnetic bucket in the surroundings of a chamber in a field, for the time being, so that it may be well-known.

[0107]

The gate power application equipment strengthened magnetically [ this invention ] can be operated covering the wide range source power of RF (.05-3.0kW), magnetic field strength (30-300G), and a pressure (0.5-50mT), and can expand a processing window by it. Another advantage of a helicon wave antenna is being able to attain an ionization rate with the helicon wave antenna near 100%. With the property in which the plasma generated by the helicon wave in a magnetic field is uniform, the plasma can generate the more uniform processing plasma.

[0108]

Drawing 13 is referred to. The induction antenna 8000 of the source power applicator 8100 of Helicon is also securable for Kabeuchi of the bell part 8700 of a chamber 8200. This separates an antenna 8000 from the conductive deposit coat of a chamber, and arranges it again. Therefore, since the conductive film on a wall does not attenuate the magnetic field generated by the energized antenna, inductive coupling to this field of RF power does not fall. Effectiveness harmful to the plasma property in a chamber stops consequently, existing. Of course, since an antenna is energized during processing, deposition of an ingredient when [ it ] inductive coupling of power can be blocked does not exist. Furthermore, since it is immersed in the plasma inside a chamber 8700, an antenna 8000 can make the plasma generate using RF power of a low (it is because it is not necessary to overcome the impedance of a chamber wall unlike the case of the conventional inductive-coupling plasma-etching reactor).

[0109]

If the gestalt of operation of drawing 13 is used, an antenna 8000 can be formed with a "non-sputtering" conductivity ingredient like conductive ceramics, such as boron carbide. Another possibility will be using the metal core surrounded with the "non-sputtering" coat. For example, an aluminum core is covered in a boron carbide jacket. With any gestalt of operation, an antenna 8000 is protected from the sputtering effectiveness of the plasma, and any contamination of the piece 10 of processing is prevented.

[0110]

Please also note often having to control the temperature of the antenna 8000 under processing. If just like that, an antenna 8000 can be made from the tubular structure in the air. The pump of the coolant fluid can be carried out through the channel formed in the interior of an antenna 8000 by this, the temperature of an antenna 8000 can be adjusted, and a desired operating temperature can be maintained.

[0111]

Drawing 14 is referred to. With the gestalt of alternative implementation of the source power applicator of a helicon wave, the induction coil 9000 is arranged in the chamber 9200. The plasma is generated in a chamber 9200 from the process gas for processing of the piece 10 of processing. Process gas can be introduced through the port which let the gas inlet port 9270 arranged to the antenna 9000 neighborhood pass, or has been arranged between the coils of an antenna 9000. The magnet 9800 encloses the chamber near an antenna, a larger shaft-orientations magnetic field than about 5 gauss is generated in the antenna 9000 neighborhood, and it is made to generate a helicon wave with the gestalt of operation of drawing 14.

[0112]

Antenna coil has three to 4 winding, operates by 13.56MHz, and generates m=0 helicon wave. A chamber 9200 can be operated by an about 1mm torr to the about 100mm torr. The gestalt of this operation makes possible the end launch (end launch) gestalt for the source of Helicon, without using the parallel wavelength



limited externally, and it enables Helicon actuation, without using the source field of the separated chamber.

[0113]

With the gestalt of this operation of an internal induction antenna which is indicated by the KOPENDINGU patent application "RF PLASMA ETCH REACTOR WITH INTERNAL INDUCTIVE COIL ANTENNA AND ELECTRICALLY CONDUCTIVE CHAMBER WALLS" of Ye and others whom this specification is referring to, an antenna is formed with a conductor 9012, and in order to prevent sputtering of a conductor 9012, it is surrounded partially or completely with the jacket 9402. Preferably, a jacket 9402 consists of a non-conductive ingredient which encloses the conductor 9012, and it is combined with the wall 9220 so that exchange of heat may be enabled between the chamber wall 9220 and an antenna 9000.

[0114]

Furthermore, it prevents that separate preferably the front face of the antenna 9000 exposed to the plasma, and an eddy current flows the inside of the conductive deposit on an antenna front face as indicated by the above-mentioned reference KOPENDINGU application. A gap 9422 segments an exposure front face and it prevents that the conductive ingredient deposited on the jacket combines a segment electrically.

Furthermore, with the gestalt of some operation, process gas can be supplied through the port arranged between winding of an antenna 9000. Furthermore, in order to prevent that an eddy current flows the surroundings of an antenna, it is also desirable to have the gap 9424 of the radial which divides the front face of an antenna 9500 into a segment segment as shown in drawing 15.

[0115]

With the gestalt of another operation, as it was indicated by KOPENDINGU parent application of Above Ye and being mentioned above, an internal induction coil antenna can be formed with a non-sputtering conductivity ingredient, and the flow of a coolant can be supplied through the channel in an antenna.

[0116]

If the plasma reactor of drawing 12 -14 is used, the interior induction coil of small explained with reference to drawing 1 A-11 can be secured in a processing chamber, and it can also be used so that the plasma property in a processing chamber may be controlled further.

[0117]

Although this invention was especially explained above with reference to the gestalt of desirable operation at the detail, please understand that many change and modification are possible, without deviating from the true thought and the true range of this invention.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1 A]

It is one side elevation of the interior induction coil mold antenna of small of Kabeuchi of a plasma reactor.

[Drawing 1 B]

It is one side elevation of the interior induction coil mold antenna of small of Kabeuchi of a plasma reactor.

[Drawing 2]

A-C is the partial-excision plan of the gestalt of operation of the plasma reactor of this invention, and is drawing showing the possible orientation of the interior induction antenna of small of this invention.

[Drawing 3]

It is the cutting side elevation of the gestalt of possible operation of the plasma reactor of this invention, and is drawing showing the possible array of the interior induction antenna of small.

[Drawing 4]

It is the cutting side elevation of the gestalt of possible operation of the plasma reactor of this invention, and is drawing showing the possible array of the interior induction antenna of small.

[Drawing 5]

It is the cutting side elevation of the gestalt of possible operation of the plasma reactor of this invention, and is drawing showing the possible array of the interior induction antenna of small with a process gas port.

[Drawing 6 A]

It is the plan of the gestalt of possible operation of the plasma reactor of this invention, and is drawing showing the possible array of the interior induction antenna of small with a process gas port.

[Drawing 6 B]

It is the cutting side elevation of the gestalt of operation of drawing 6 A.

[Drawing 7 A]

It is the partial-excision side elevation of the gestalt of operation of the small Nei section induction antenna of this invention.



[Drawing 7 B]

It is the end view of the gestalt of operation of the interior induction antenna of small of this invention.

[Drawing 8 A]

It is the decomposition side elevation of the gestalt of operation of the interior induction antenna of small of this invention.

[Drawing 8 B]

It is the decomposition side elevation of the gestalt of operation of the interior induction antenna of small of this invention.

[Drawing 9 A]

It is the partial-excision side elevation of the gestalt of operation of the interior induction antenna of small of this invention.

[Drawing 9 B]

It is the partial-excision side elevation of the gestalt of operation of the interior induction antenna of small of this invention.

[Drawing 10 A]

It is the cutting side elevation of the gestalt of operation of the nozzle mold of the small induction antenna of this invention which uses a coil mold induction antenna.

[Drawing 10 B]

It is the cutting side elevation of the gestalt of operation of the nozzle mold of the small induction antenna of this invention which uses a coil mold induction antenna.

[Drawing 10 C]

It is the cutting side elevation of the gestalt of operation of the nozzle mold of the small induction antenna of this invention which uses a looping helicon wave induction antenna.

[Drawing 10 D]

It is the cutting side elevation of the gestalt of operation of the nozzle mold of the small induction antenna of this invention which uses a looping helicon wave induction antenna.

[Drawing 10 E]

It is the cutting side elevation of the gestalt of operation of the nozzle mold of the small induction antenna of this invention which uses a coil mold antenna.

[Drawing 10 F]

It is the end view of the gestalt of operation of the nozzle mold of the small induction antenna of drawing 10 E.

[Drawing 11]

It is the cutting side elevation of the gestalt of operation of the plasma reactor of this invention which uses the small induction antenna of a nozzle mold.

[Drawing 12]

It is the cutting side elevation of the gestalt of operation of the plasma reactor which has the internal induction antenna which can generate a helicon wave.

[Drawing 13]

It is the cutting side elevation of the gestalt of operation of the plasma reactor which has the internal induction antenna which can generate a helicon wave.

[Drawing 14]

It is the cutting side elevation of the gestalt of operation of the plasma reactor which has the internal induction antenna which can generate a helicon wave.

[Drawing 15]

It is the plan of the gestalt of possible operation of the internal induction antenna of drawing 14 .

---

[Translation done.]

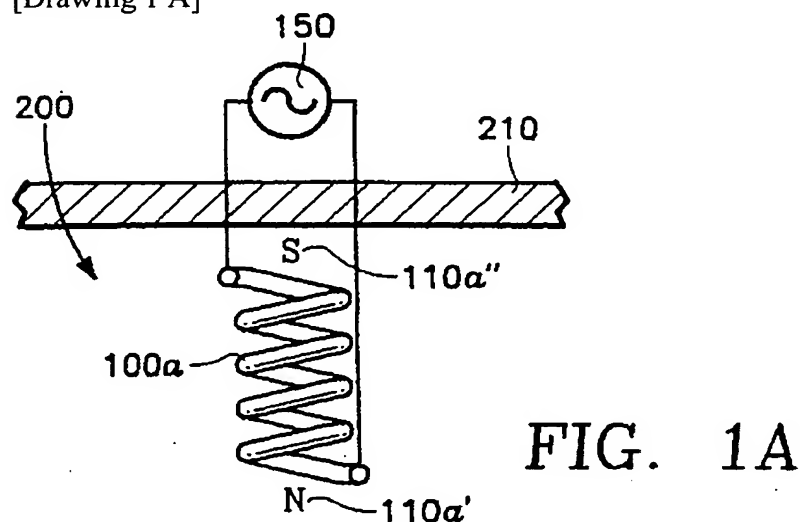
## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

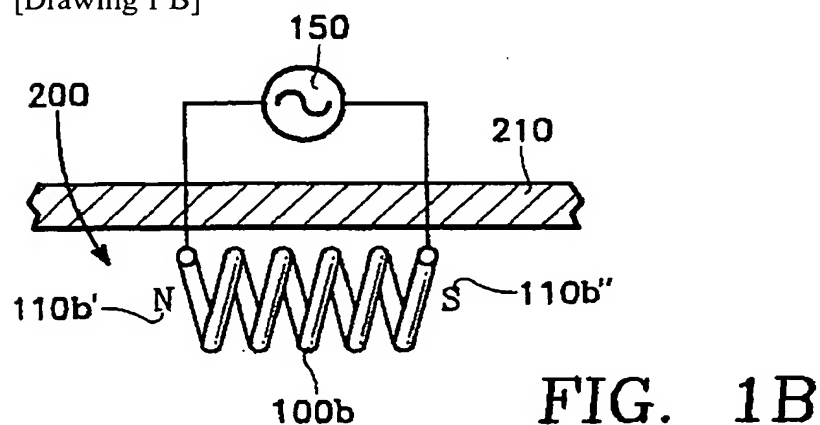
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

[Drawing 1 A]



[Drawing 1 B]



[Drawing 2 A]

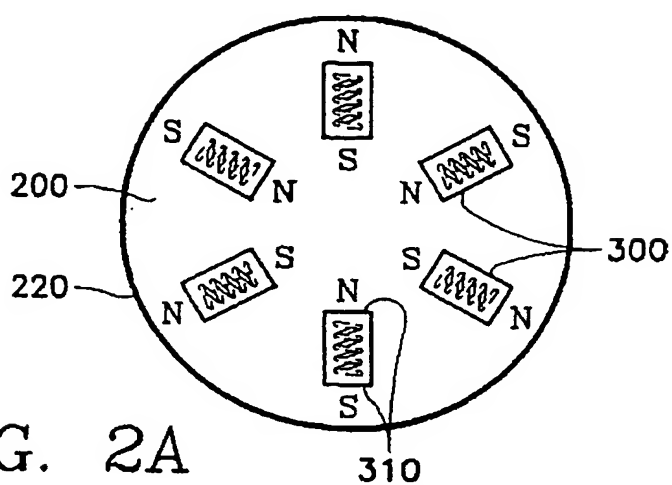


FIG. 2A

[Drawing 2 B]

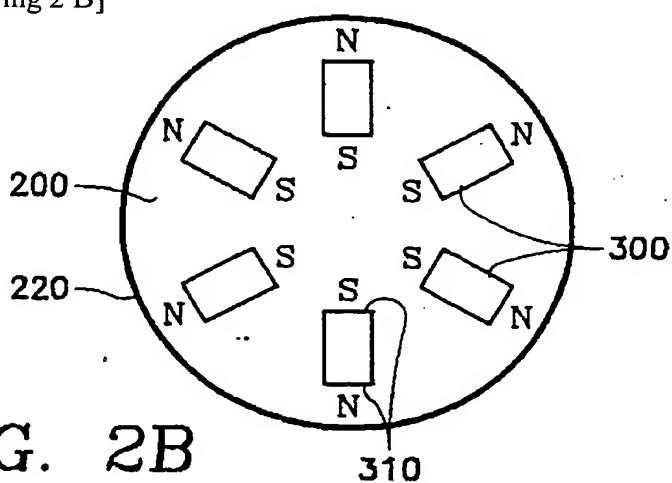


FIG. 2B

[Drawing 2 C]

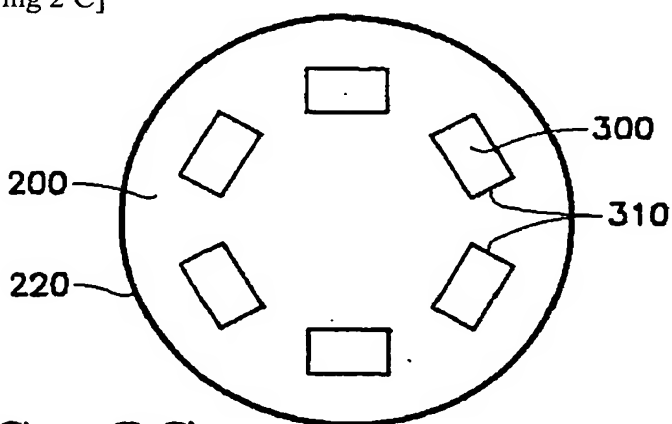
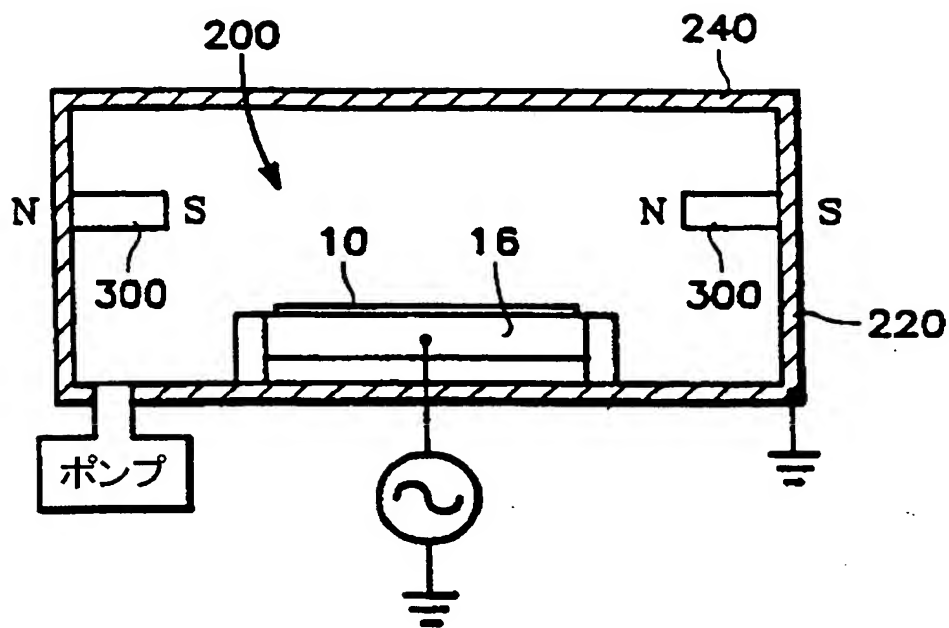
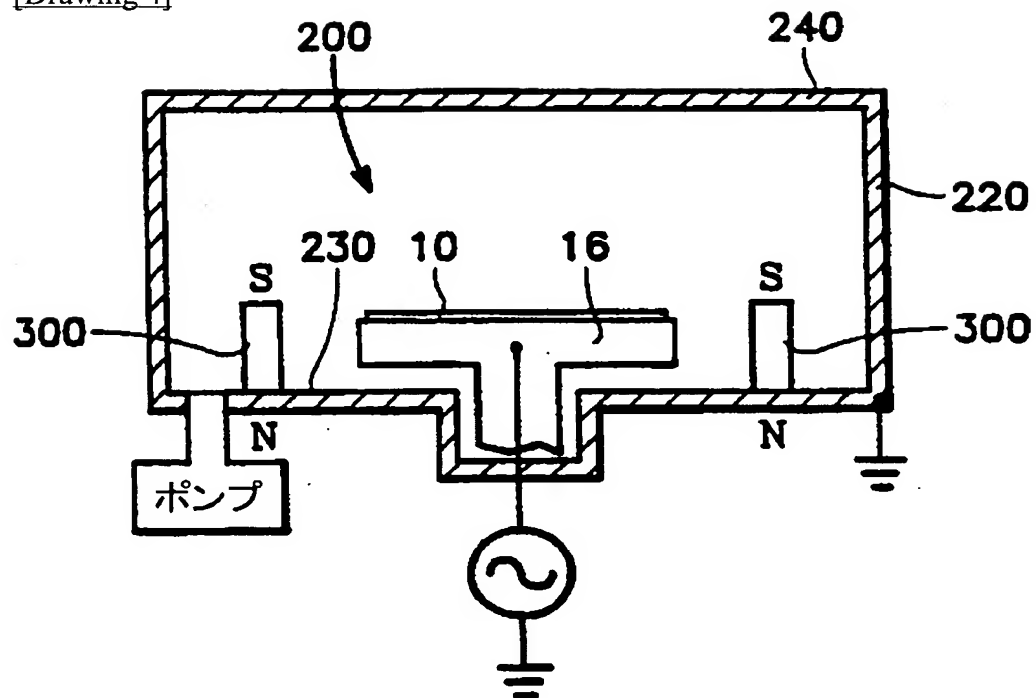


FIG. 2C

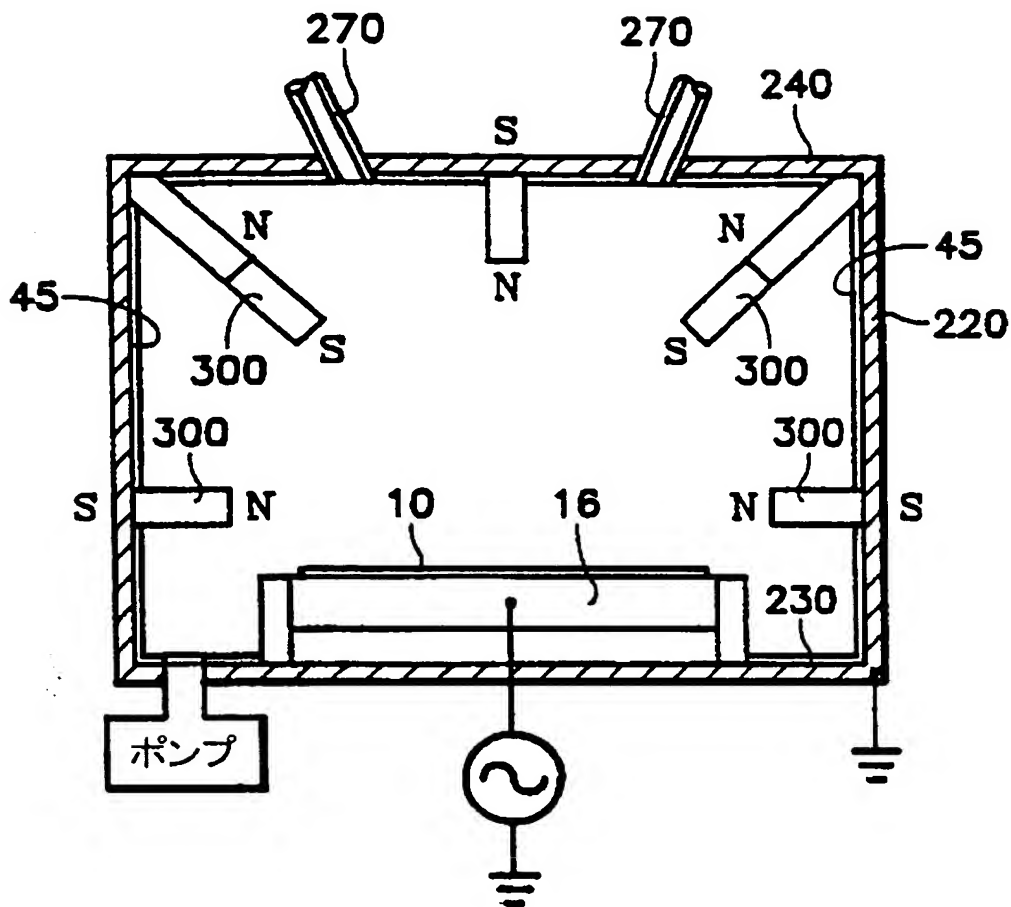
[Drawing 3]



[Drawing 4]



[Drawing 5]



[Drawing 6 A]

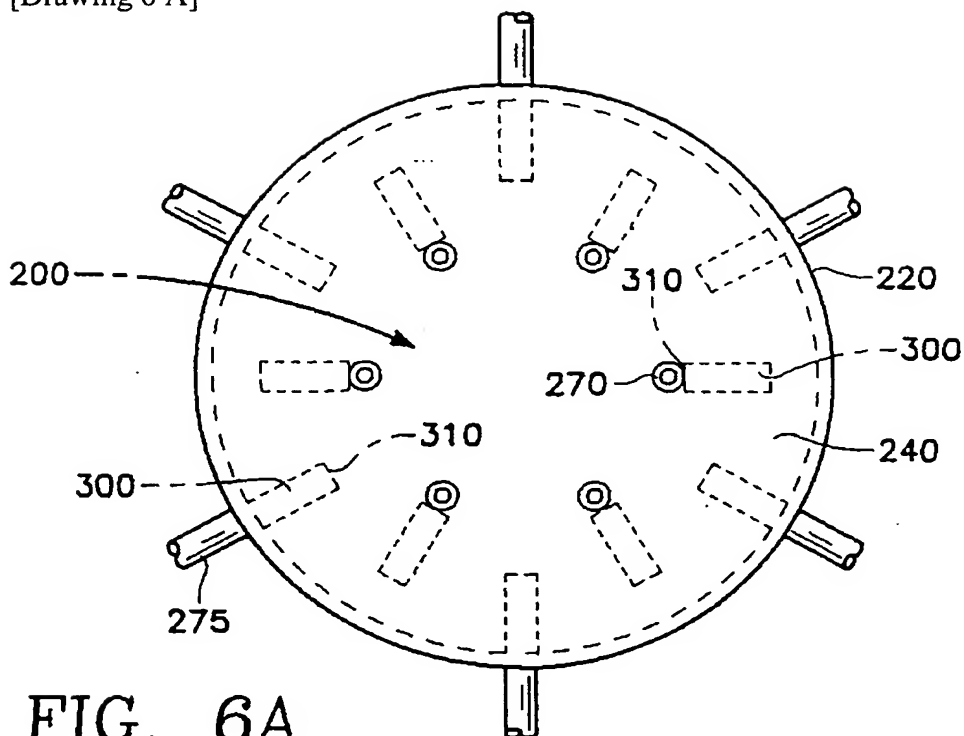
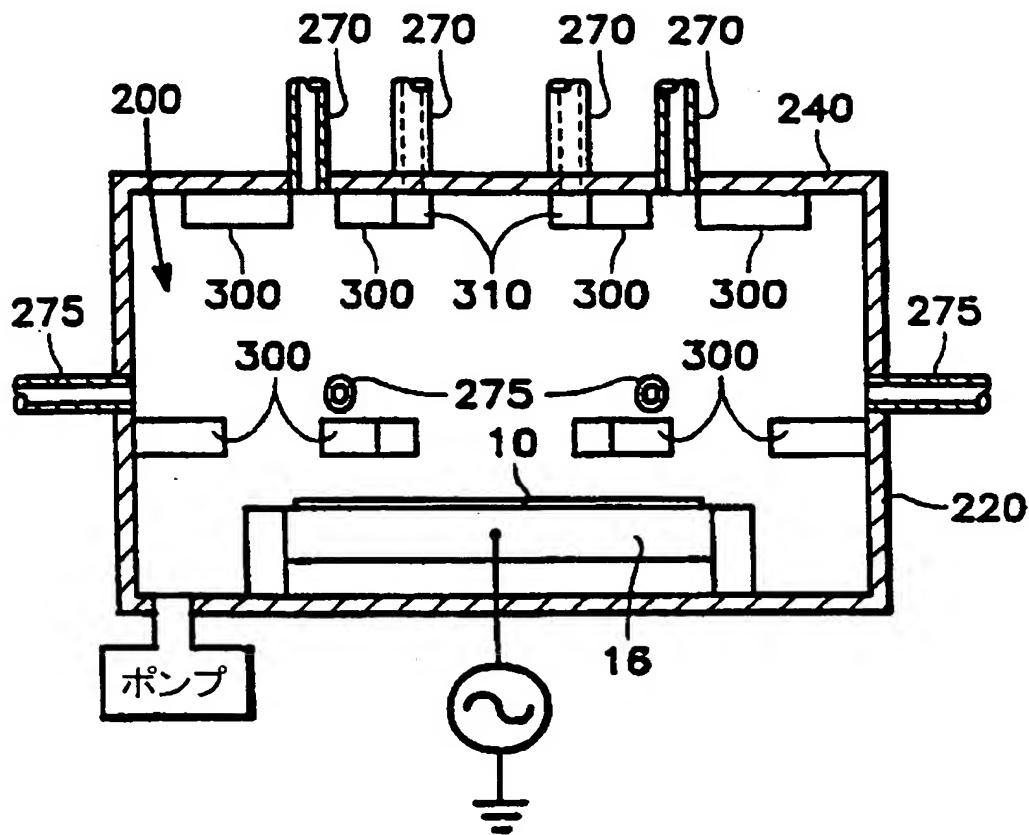


FIG. 6A

[Drawing 6 B]



[Drawing 7 A]

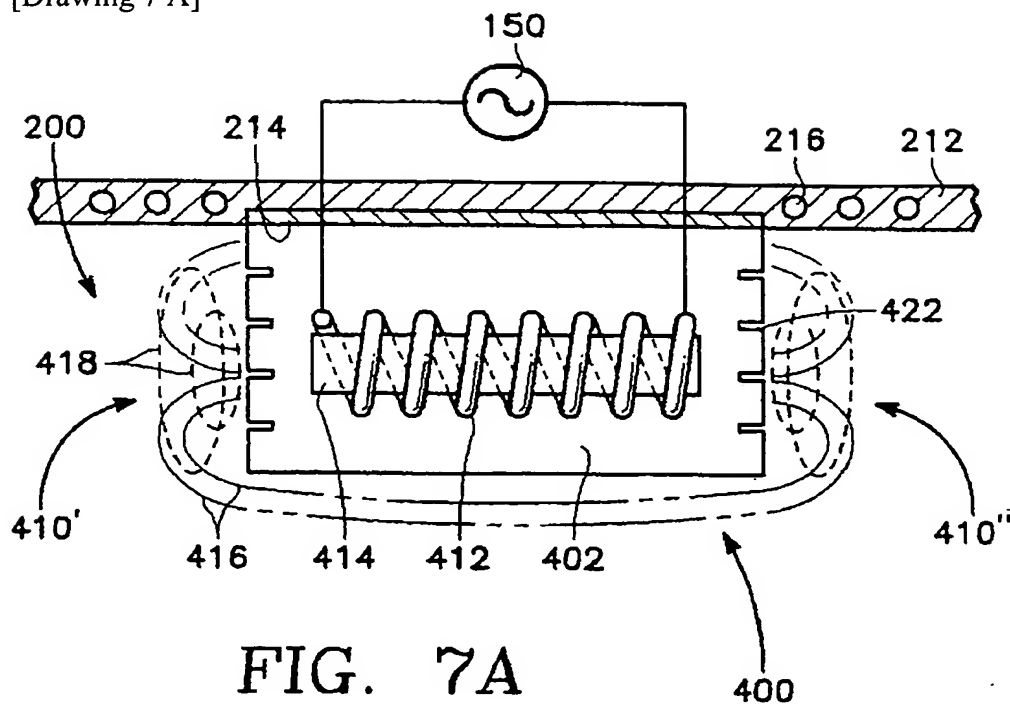


FIG. 7A

[Drawing 7 B]

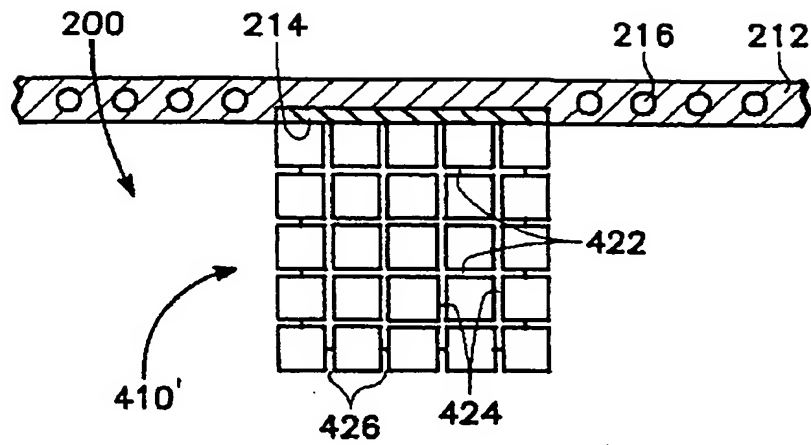
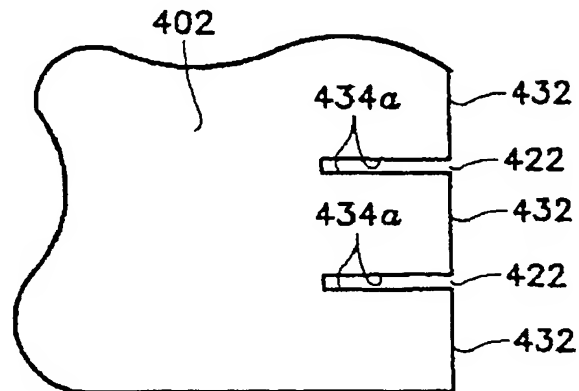


FIG. 7B

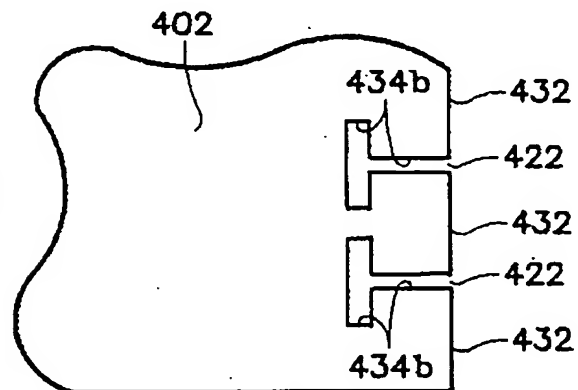
[Drawing 8 A]

FIG. 8A



[Drawing 8 B]

FIG. 8B



[Drawing 9 A]



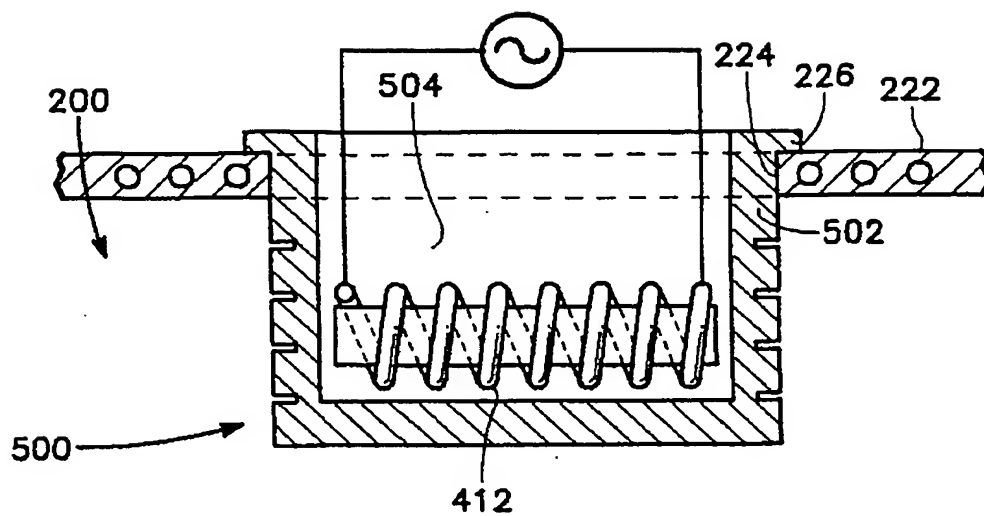


FIG. 9A

[Drawing 9 B]

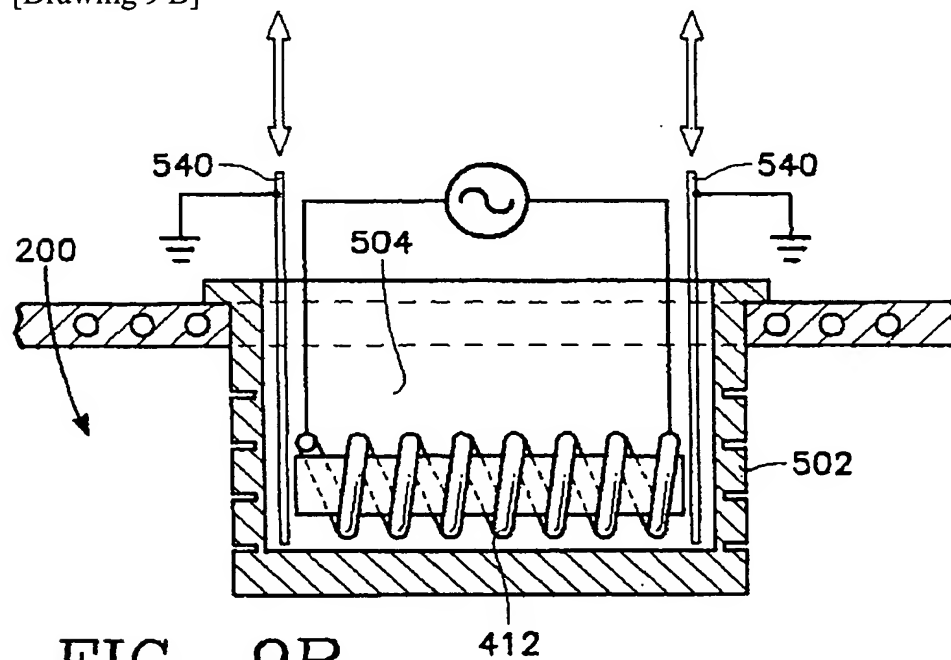


FIG. 9B

[Drawing 9 C]

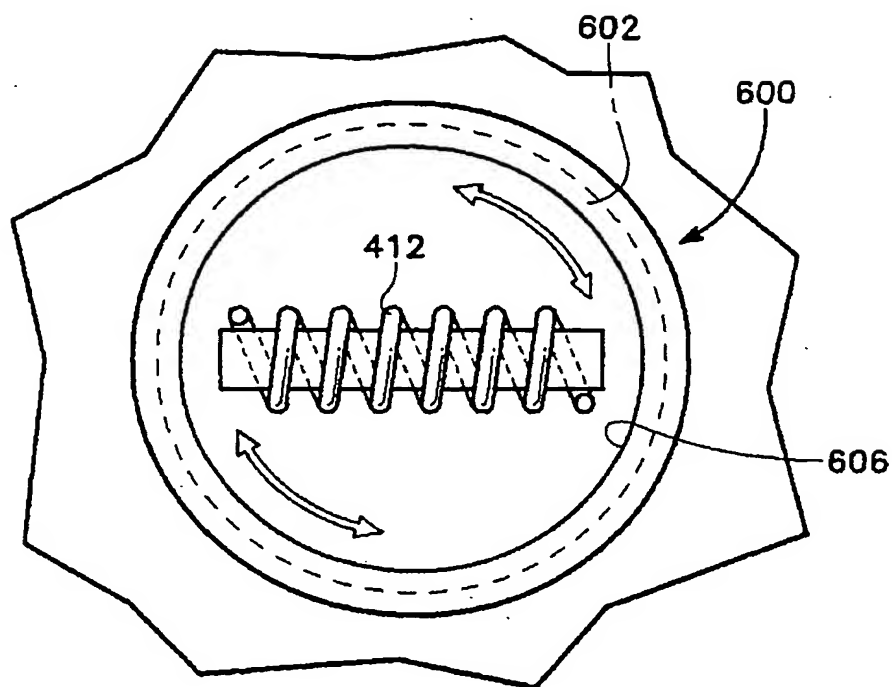


FIG. 9C

[Drawing 10 A]

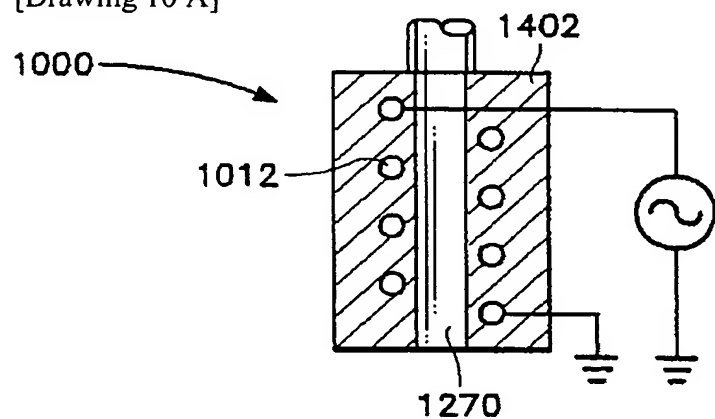
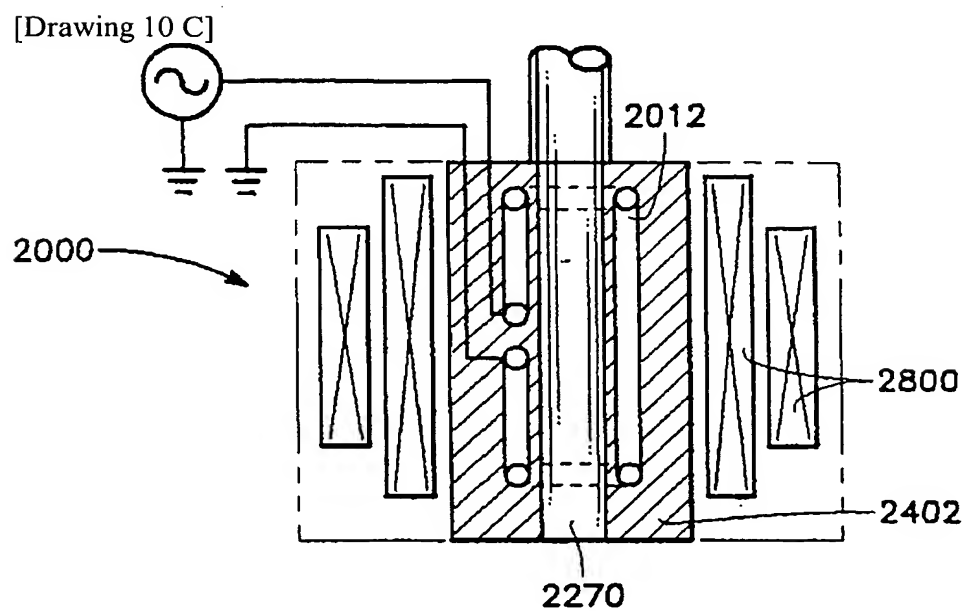
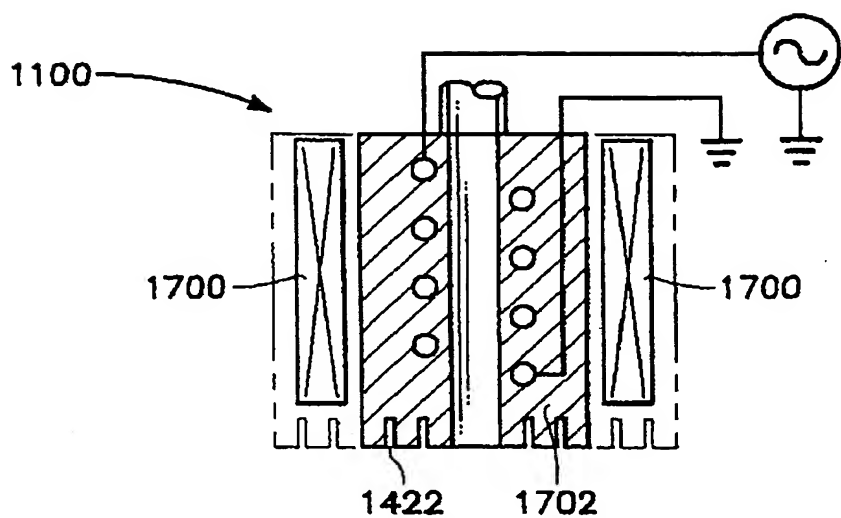


FIG. 10A

[Drawing 10 B]



[Drawing 10 D]

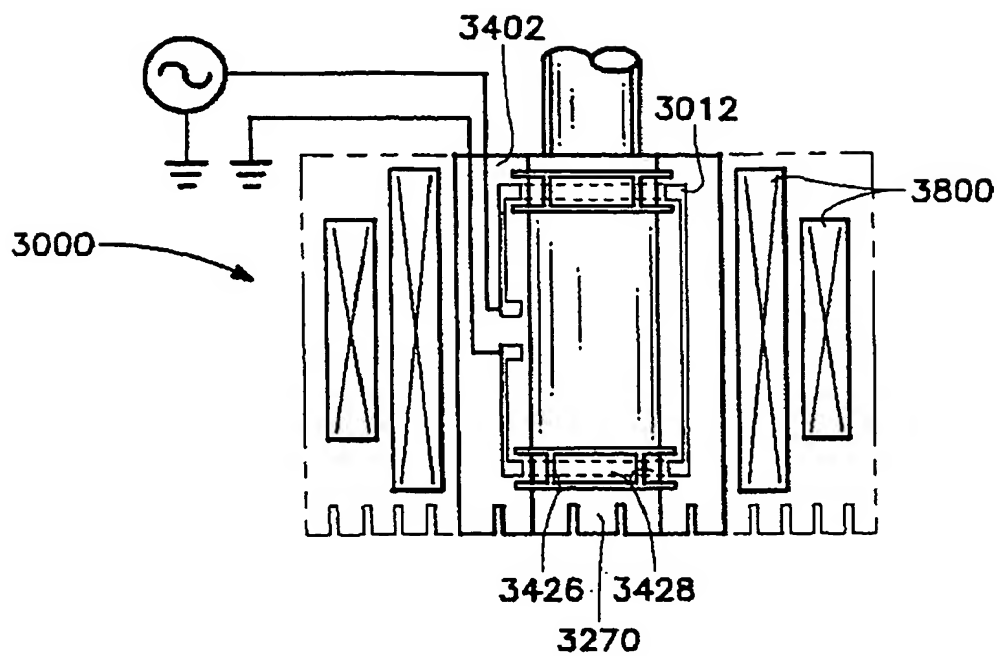


FIG. 10D

[Drawing 10 E]

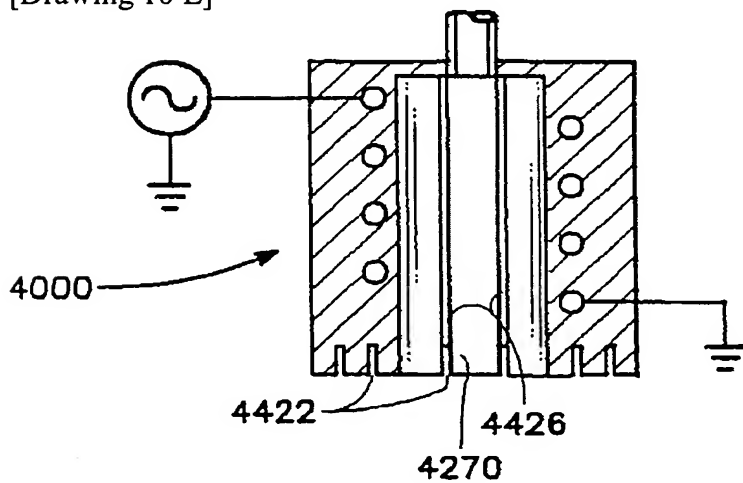


FIG. 10E

[Drawing 10 F]

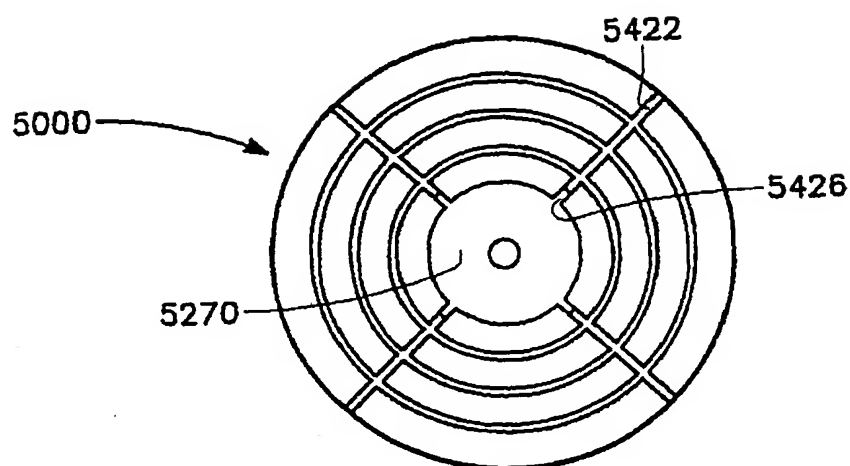
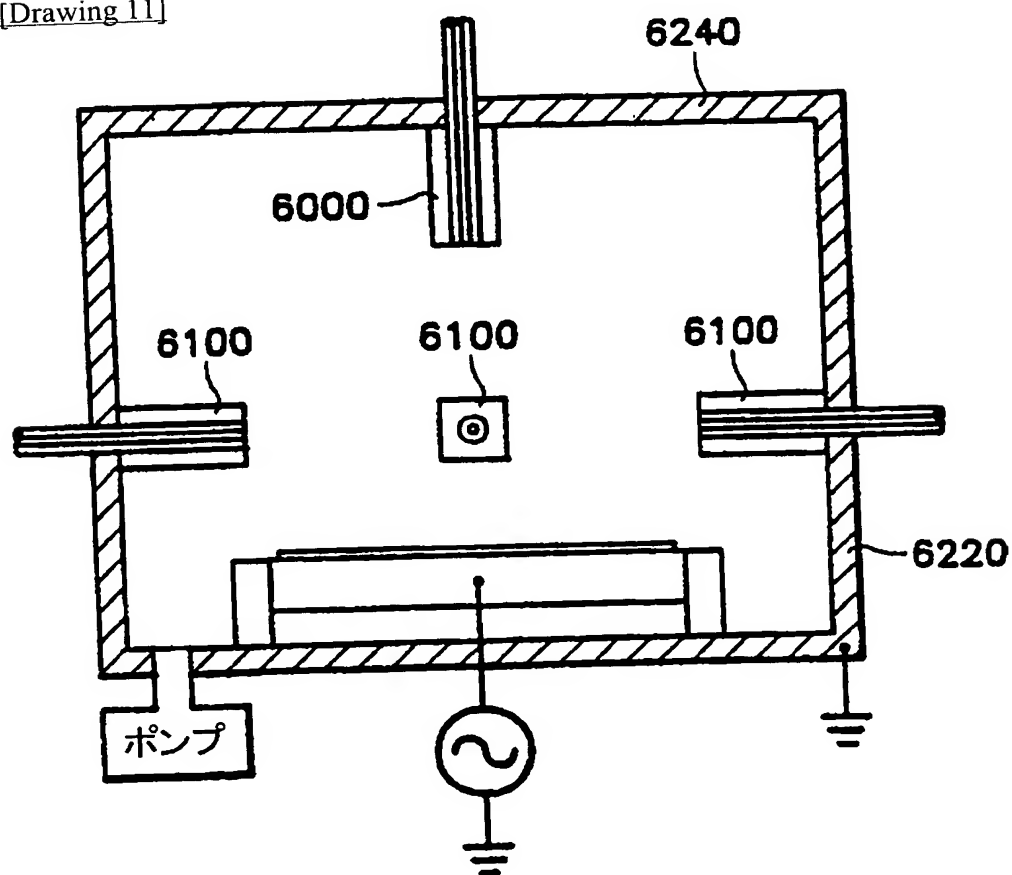
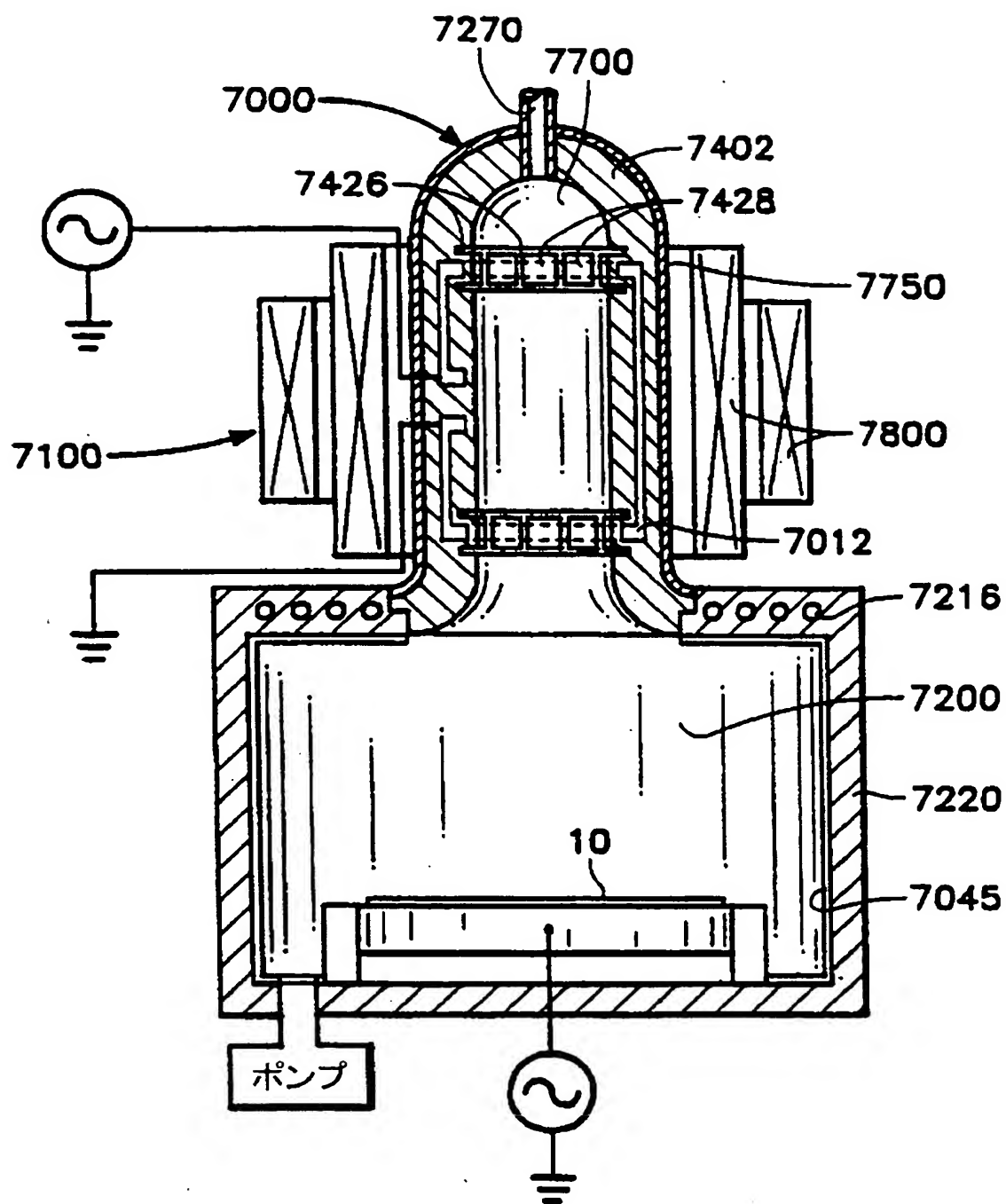


FIG. 10F

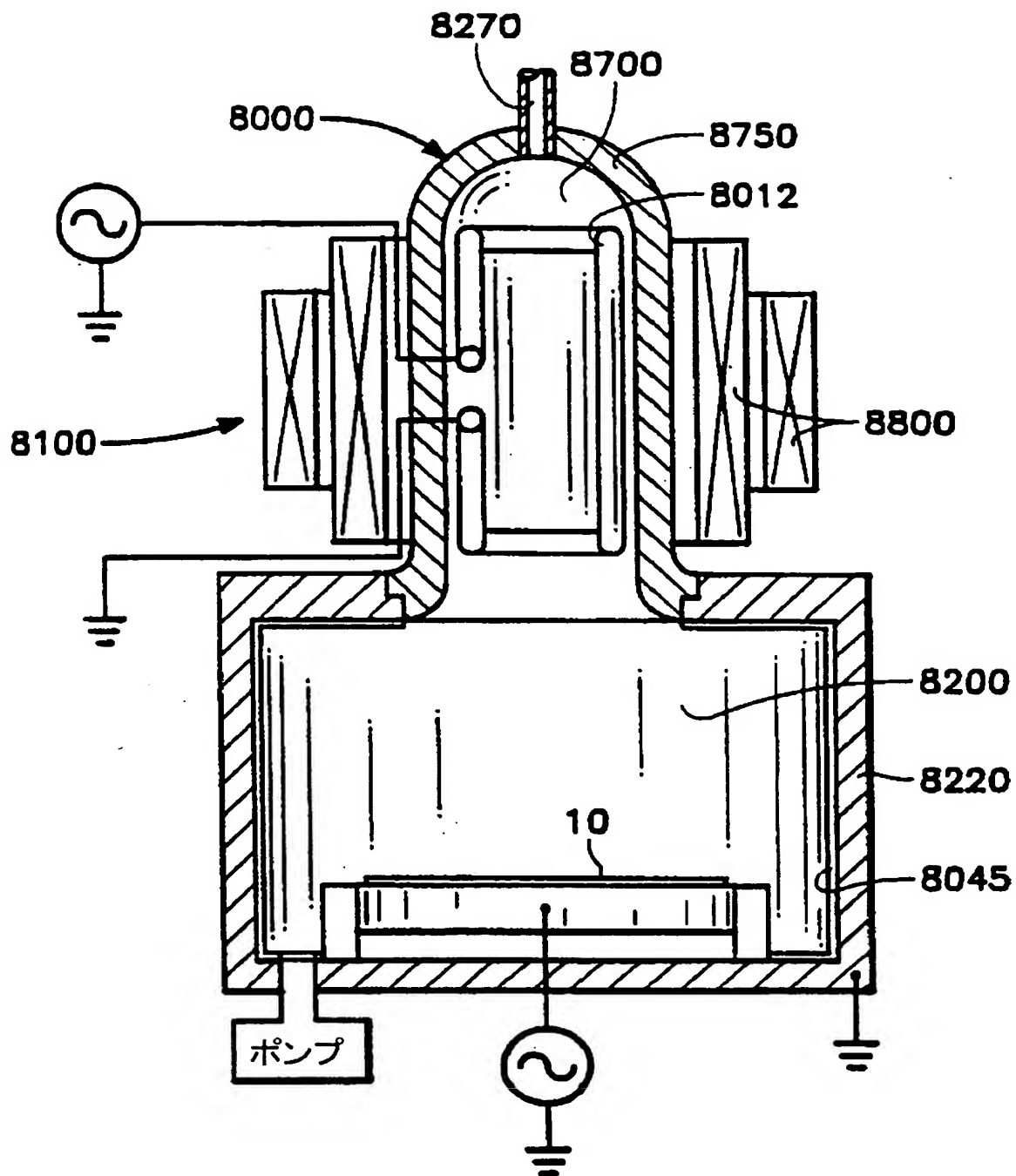
[Drawing 11]



[Drawing 12]

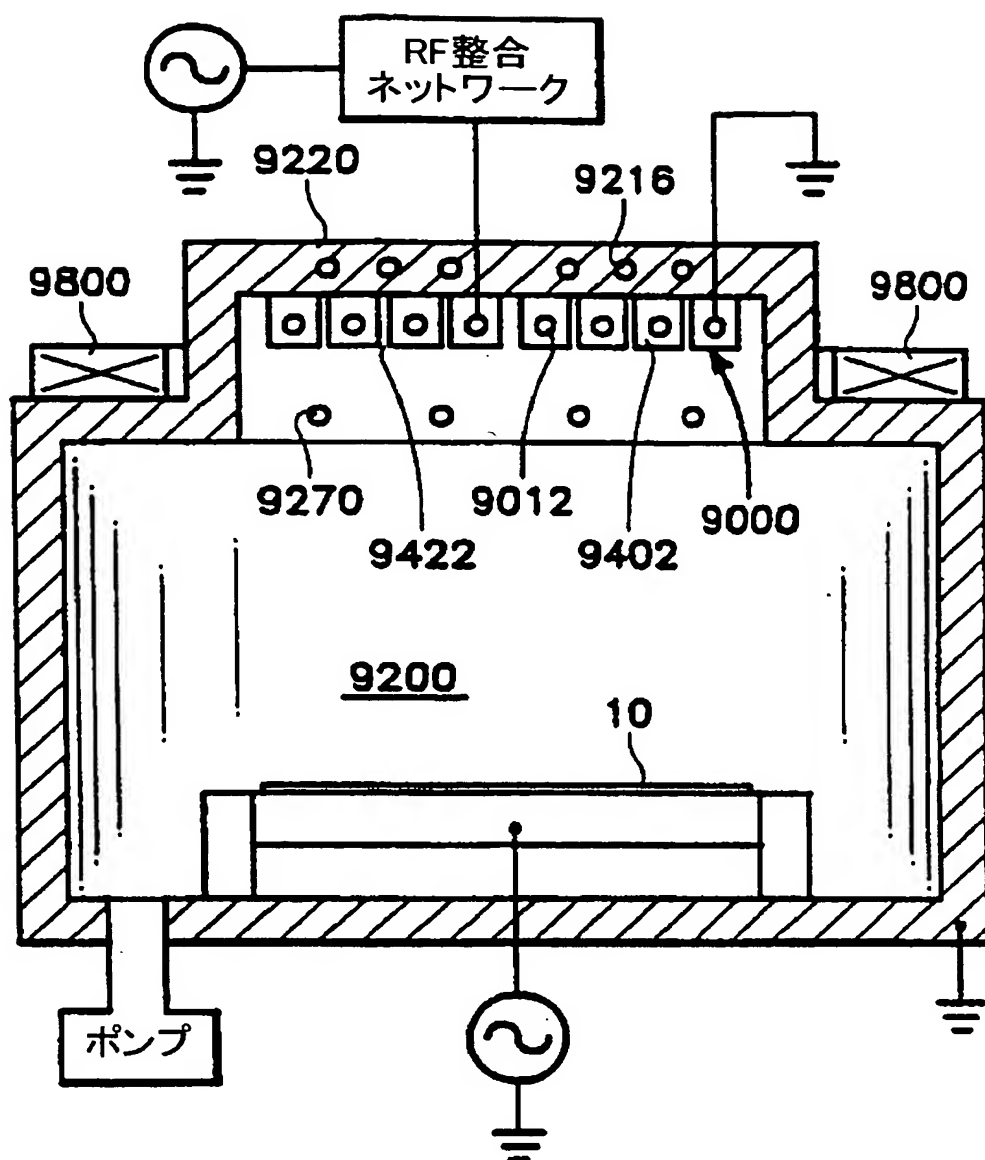


[Drawing 13]



[Drawing 14]





[Drawing 15]

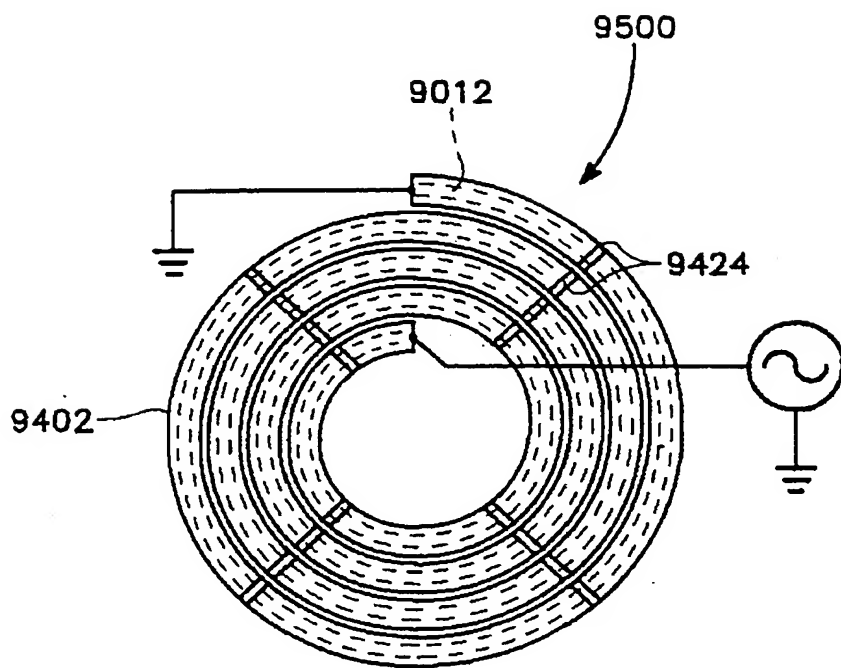


FIG. 15

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2003-502824

(P2003-502824A)

(43) 公表日 平成15年1月21日 (2003.1.21)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマート* (参考)
H 0 5 H 1/46		H 0 5 H 1/46	L 4 K 0 3 0
C 2 3 C 16/507		C 2 3 C 16/507	5 F 0 0 4
H 0 1 J 37/32		H 0 1 J 37/32	
H 0 1 L 21/3065		H 0 1 L 21/302	B

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 75 頁)

(21) 出願番号 特願2001-505041(P2001-505041)  
(86) (22) 出願日 平成12年6月19日 (2000.6.19)  
(85) 翻訳文提出日 平成13年12月18日 (2001.12.18)  
(86) 国際出願番号 P C T / U S 0 0 / 1 6 9 2 1  
(87) 国際公開番号 W O 0 0 / 0 7 9 5 6 8  
(87) 国際公開日 平成12年12月28日 (2000.12.28)  
(31) 優先権主張番号 0 9 / 3 3 6 , 6 4 2  
(32) 優先日 平成11年6月18日 (1999.6.18)  
(33) 優先権主張国 米国 (U S)  
(81) 指定国 J P

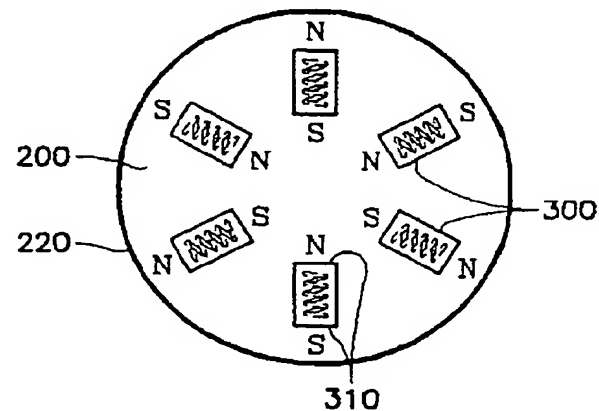
(71) 出願人 アブライド マテリアルズ インコーポレイテッド  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
95052 サンタ クララ ビーオーボックス 450エイ  
(72) 発明者 イェ ヤン  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
95070 サラトガ ヴィア アリバ ドラ イヴ 13271  
(74) 代理人 弁理士 中村 稔 (外9名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複数の小型内部誘導アンテナを有するプラズマリアクター

(57) 【要約】

本発明は、処理用プラズマを発生させるために複数の小型誘導アンテナを使用する。一実施の形態では、アンテナの両ポール領域が電力をプラズマへ結合するように、小型コイルアンテナはチャンバ内に確保されている。アンテナは、ポール領域がチャンバ壁に直角から平行までの何処かに存在するように配向することができる。チャンパ内の小型アンテナの数、位置、及び配向は、プラズマ特性を最適化するように選択することができる。更に、アンテナはプラズマ特性を改善するために、頂壁、側壁、または底壁に確保することができ、処理チャンパ内の電力デポジションは、コイルの配向、及び個々のアンテナを通る R F 電力の大きさ及び位相を変えることによって調整することができる。プロセスガスは、プラズマ特性を制御するために、コイルまたはループアンテナのポール領域に近接して、またはこれらのアンテナの中心を通してのように、高電力デポジションの領域へ選択的に送給することができる。好ましい実施の形態では、アンテナは導体で形成され、導電性チャンパ壁に結合されている非スパッタリングで、電気絶縁性で、熱伝導性



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 プラズマリアクターであって、

a) 処理チャンバを限定している壁を備え、上記チャンバはその中に加工片を保持するようになっており、

b) 上記処理チャンバ内に確保されている複数の小型コイルアンテナを更に備え、上記複数の小型コイルアンテナは、上記加工片を処理するために上記チャンバ内にプラズマを生成することが可能である、  
ことを特徴とするプラズマリアクター。

【請求項2】 上記複数の小型コイルアンテナは各々、導電性コイルを取り囲んでいる電気絶縁性のジャケットを更に備えていることを特徴とする請求項1に記載のプラズマリアクター。

【請求項3】 上記ジャケットは導電性副産物に曝露される表面を更に備え、上記曝露表面の少なくとも一部分はセグメント化され、上記セグメント化表面上に堆積した導電性材料内の渦電流の流れを阻止するようになっていることを特徴とする請求項2に記載のプラズマリアクター。

【請求項4】 上記セグメント化のセグメントは、上記曝露表面内の少なくとも1つのギャップによって形成され、上記ギャップは、上記ジャケット上に堆積した導電性材料が上記セグメントを電氣的に結合するのを阻止するように形成されていることを特徴とする請求項3に記載のプラズマリアクター。

【請求項5】 上記アンテナのポール領域に近接している上記アンテナの曝露表面がセグメント化されていることを特徴とする請求項4に記載のプラズマリアクター。

【請求項6】 上記複数の小型コイルアンテナは各々、上記アンテナによって生成された熱を伝導によってチャンバ壁へ転送するように上記処理チャンバ内に確保されていることを特徴とする請求項4に記載のプラズマリアクター。

【請求項7】 上記ジャケットは、上記導電性コイルのスパッタリングを阻止する熱伝導性の材料で形成されていることを特徴とする請求項6に記載のプラズマリアクター。

【請求項8】 上記処理チャンバは頂壁及び側壁を備え、上記頂壁及び側壁

は導電性の材料で形成されていることを特徴とする請求項6に記載のプラズマリアクター。

【請求項9】 上記頂壁及び側壁は、電氣的に接地されていることを特徴とする請求項8に記載のプラズマリアクター。

【請求項10】 上記複数の小型コイルアンテナは各々、上記アンテナによって生成された熱を伝導によってチャンバ壁へ転送するように上記処理チャンバ内に確保されていることを特徴とする請求項2に記載のプラズマリアクター。

【請求項11】 上記ジャケットは、上記導電性コイルのスパッタリングを阻止する熱伝導性の材料で形成されていることを特徴とする請求項10に記載のプラズマリアクター。

【請求項12】 上記ジャケットは導電性コイルを取り囲んでいるジャケットを更に備え、上記ジャケットは、上記導電性コイルのスパッタリングを阻止する材料で形成されていることを特徴とする請求項1に記載のプラズマリアクター。

【請求項13】 上記各小型コイルアンテナはポール領域を有し、上記小型コイルアンテナの少なくとも1つは、上記ポール領域が電力を上記プラズマへ結合するように上記処理チャンバ内に配置されていることを特徴とする請求項1に記載のプラズマリアクター。

【請求項14】 上記各小型コイルアンテナは2つのポール領域を有し、上記小型コイルアンテナの少なくとも1つは、上記2つのポール領域が共に電力を上記プラズマへ結合するように上記処理チャンバ内に配置されていることを特徴とする請求項1に記載のプラズマリアクター。

【請求項15】 上記処理チャンバへプロセスガスを送給するための少なくとも1つのガスポートを更に備え、上記ガスポートは、上記小型コイルアンテナの少なくとも1つのポール領域に近接して配置されていることを特徴とする請求項14に記載のプラズマリアクター。

【請求項16】 複数のガスポートを更に備え、上記複数のガスポートの若干は、高イオン化エネルギーを有するプロセスガスを上記チャンバ内の高電力デポジションを有する領域へ送給できるように、一方低イオン化エネルギーを有するプ

ロセスガスを上記チャンバ内の低電力デポジションを有する領域へ送給できるように、分離したプロセスガス源へ結合されていることを特徴とする請求項14に記載のプラズマリアクター。

【請求項17】 上記小型コイルアンテナに結合されている少なくとも1つのRF電源を更に備え、上記各小型コイルアンテナへの上記RF電力は独立的に調整可能であることを特徴とする請求項1に記載のプラズマリアクター。

【請求項18】 複数のガスポートを更に備え、上記複数のガスポートの若干は、高イオン化エネルギーを有するプロセスガスを上記チャンバ内の高電力デポジションを有する領域へ送給できるように、一方低イオン化エネルギーを有するプロセスガスを上記チャンバ内の低電力デポジションを有する領域へ送給できるように、分離したプロセスガス源へ結合されていることを特徴とする請求項17に記載のプラズマリアクター。

【請求項19】 上記処理チャンバへプロセスガスを送給する複数のガスポートを更に備え、上記複数のガスポートの1つはプロセスガスを上記チャンバの高電力デポジション領域へ送給し、別のプロセスガスポートはプロセスガスを上記チャンバの低電力デポジション領域へ送給することを特徴とする請求項17に記載のプラズマリアクター。

【請求項20】 プロセスガスを送給する複数のガスポートを更に備え、上記複数のガスポートの1つは、それが上記複数の小型コイルアンテナの1つを通してプロセスガスを送給するように配置されていることを特徴とする請求項1に記載のプラズマリアクター。

【請求項21】 上記複数の小型コイルアンテナの各々は、導電性コイルを取り囲んでいる電気絶縁性のジャケットを更に備え、またシールドを更に備え、上記シールドは、上記処理チャンバ内の電力デポジションを制御するように上記ジャケット内に挿入できることを特徴とする請求項1に記載のプラズマリアクター。

【請求項22】 上記小型コイルアンテナの少なくとも若干の配向は、調整可能であることを特徴とする請求項1に記載のプラズマリアクター。

【請求項23】 上記複数の小型コイルアンテナの各々は、導電性コイルを

取り囲んでいる電気絶縁性のジャケットを更に備え、上記導電性小型コイルの少なくとも若干の配向は、上記絶縁性ジャケット内で調整可能であることを特徴とする請求項22に記載のプラズマリアクター。

【請求項24】 上記処理チャンバは、境を接している側壁及び頂壁を更に備え、上記側壁及び頂壁は導電性材料で形成され、上記側壁及び頂壁は接地されていることを特徴とする請求項1に記載のプラズマリアクター。

【請求項25】 上記処理チャンバは、頂壁、側壁及び底壁を更に備え、上記複数の小型アンテナの何れかが、上記頂壁、側壁及び底壁の1つまたはそれ以上に確保されていることを特徴とする請求項1に記載のプラズマリアクター。

【請求項26】 上記複数の小型アンテナの少なくとも若干は、上記処理チャンバの頂壁に沿って、且つ該頂壁の中心の周りに放射状に配置されていることを特徴とする請求項25に記載のプラズマリアクター。

【請求項27】 上記複数の小型アンテナの少なくとも若干は、ドーム形状に配置されていることを特徴とする請求項1に記載のプラズマリアクター。

【請求項28】 上記複数の小型アンテナの少なくとも若干は、上記チャンバの周りに円周状に配置されていることを特徴とする請求項1に記載のプラズマリアクター。

【請求項29】 プラズマリアクターであって、

a) 処理チャンバを限定している壁を備え、上記チャンバはその中に加工片を保持するようになっており、

b) 上記処理チャンバ内に確保されている複数の小型アンテナを更に備え、上記小型アンテナは、上記加工片を処理するために上記チャンバ内にプラズマを生成することが可能であり、

c) 上記複数の小型アンテナは各々、導体を取り囲んでいる電気絶縁性のジャケットを更に備えている、  
ことを特徴とするプラズマリアクター。

【請求項30】 上記ジャケットは導電性副産物に曝露される表面を更に備え、上記曝露表面の少なくとも一部分はセグメント化され、上記セグメント化表面上に堆積した導電性材料内の渦電流の流れを阻止するようになっていることを



特徴とする請求項29に記載のプラズマリアクター。

【請求項31】 上記セグメント化表面のセグメントは、上記曝露表面内の少なくとも1つのギャップによって形成され、上記ギャップは、上記ジャケット上に堆積した導電性材料が上記セグメントを電氣的に結合するのを阻止するように形成されていることを特徴とする請求項30に記載のプラズマリアクター。

【請求項32】 上記アンテナのポール領域に近接する上記アンテナの曝露表面がセグメント化されていることを特徴とする請求項31に記載のプラズマリアクター。

【請求項33】 上記複数の小型アンテナは、上記アンテナによって生成された熱を伝導によってチャンバ壁へ転送するように上記処理チャンバ内に確保されていることを特徴とする請求項31に記載のプラズマリアクター。

【請求項34】 上記ジャケットは、上記導体のスパッタリングを阻止することを特徴とする請求項31に記載のプラズマリアクター。

【請求項35】 上記ジャケットは、上記導体のスパッタリングを阻止することを特徴とする請求項29に記載のプラズマリアクター。

【請求項36】 上記複数の小型アンテナは、上記アンテナによって生成された熱を伝導によってチャンバ壁へ転送するように上記処理チャンバ内に確保されていることを特徴とする請求項29に記載のプラズマリアクター。

【請求項37】 少なくとも1つのガスポートを更に備え、小型アンテナが上記ガスポートの周りに配置されてノズルを形成していることを特徴とする請求項36に記載のプラズマリアクター。

【請求項38】 上記小型アンテナに結合されている少なくとも1つのRF電源を更に備え、上記各小型アンテナへの上記RF電力は独立的に調整可能であることを特徴とする請求項37に記載のプラズマリアクター。

【請求項39】 複数のガスポートを更に備え、上記複数のガスポートの若干は、高イオン化エネルギーを有するプロセスガスを上記チャンバ内の高電力デポジションを有する領域へ送給できるように、一方低イオン化エネルギーを有するプロセスガスを上記チャンバ内の低電力デポジションを有する領域へ送給できるように、分離したプロセスガス源へ結合されていることを特徴とする請求項38に

記載のプラズマリアクター。

【請求項40】 上記各小型アンテナは2つのポール領域を有し、上記小型アンテナの少なくとも1つは、上記2つのポール領域が共に電力を上記プラズマへ結合するように上記処理チャンバ内に配置されていることを特徴とする請求項31に記載のプラズマリアクター。

【請求項41】 上記処理チャンバへプロセスガスを送給するための少なくとも1つのガスポートを更に備え、上記ガスポートは、上記少なくとも1つの小型アンテナのポール領域に近接して配置されていることを特徴とする請求項40に記載のプラズマリアクター。

【請求項42】 上記小型アンテナに結合されている少なくとも1つのRF電源を更に備え、上記各小型アンテナへの上記RF電力は独立的に調整可能であることを特徴とする請求項41に記載のプラズマリアクター。

【請求項43】 上記処理チャンバへプロセスガスを送給する複数のガスポートを更に備え、上記プロセスガスポートの1つはプロセスガスを上記チャンバの高電力領域へ送給し、別のプロセスガスポートはプロセスガスを上記チャンバの低電力領域へ送給することを特徴とする請求項14に記載のプラズマリアクター。

【請求項44】 シールドを更に備え、上記シールドは、上記処理チャンバ内の電力デポジションを制御するように上記ジャケット内に挿入できることを特徴とする請求項29に記載のプラズマリアクター。

【請求項45】 上記小型アンテナの少なくとも若干の配向は、調整可能であることを特徴とする請求項29に記載のプラズマリアクター。

【請求項46】 上記複数の小型アンテナの各々は、導電性コイルを取り囲んでいる電気絶縁性のジャケットを更に備え、上記導電性小型コイルの少なくとも若干の配向は、上記絶縁性ジャケット内で調整可能であることを特徴とする請求項45に記載のプラズマリアクター。

【請求項47】 上記処理チャンバは、境を接している側壁及び頂壁を更に備え、上記側壁及び頂壁は導電性材料で形成され、上記側壁及び頂壁は接地されていることを特徴とする請求項29に記載のプラズマリアクター。

【請求項48】 上記処理チャンバは頂壁を更に備え、上記複数の小型アンテナの少なくとも1つは、上記頂壁に確保されていることを特徴とする請求項29に記載のプラズマリアクター。

【請求項49】 上記複数の小型アンテナの少なくとも若干は、上記処理チャンバの頂壁に沿って、且つ該頂壁の中心の周りに放射状に配置されていることを特徴とする請求項48に記載のプラズマリアクター。

【請求項50】 上記処理チャンバは側壁を更に備え、上記複数の小型アンテナの少なくとも1つは、上記側壁に確保されていることを特徴とする請求項29に記載のプラズマリアクター。

【請求項51】 上記処理チャンバは底壁を更に備え、上記複数の小型アンテナの少なくとも1つは、上記底壁に確保されていることを特徴とする請求項29に記載のプラズマリアクター。

【請求項52】 上記複数の小型アンテナの少なくとも若干は、ドーム形状に配置されていることを特徴とする請求項29に記載のプラズマリアクター。

【請求項53】 上記複数の小型アンテナの少なくとも若干は、上記チャンバの周りに円周状に配置されていることを特徴とする請求項29に記載のプラズマリアクター。

【請求項54】 プラズマリアクターであって、

a) 処理チャンバを限定している壁を備え、上記チャンバはその中に加工片を保持するようになっており、

b) 複数の小型アンテナを更に備え、上記各小型アンテナは、上記各小型アンテナによって生成された熱を伝導によって上記処理チャンバへ結合するように処理チャンバ壁に結合されている、  
ことを特徴とするプラズマリアクター。

【請求項55】 上記各アンテナは、導電性の材料を取り囲んでいるジャケットを更に備えていることを特徴とする請求項54に記載のプラズマリアクター。

【請求項56】 上記ジャケットは、電気絶縁性の材料で形成されていることを特徴とする請求項55に記載のプラズマリアクター。

【請求項57】 上記ジャケットは、導電性のチャンバ壁に結合されていることを特徴とする請求項56に記載のプラズマリアクター。

【請求項58】 上記ジャケットは、非スパッタリング材料で形成されていることを特徴とする請求項55に記載のプラズマリアクター。

【請求項59】 上記ジャケットは、セラミック材料で形成されていることを特徴とする請求項55に記載のプラズマリアクター。

【請求項60】 上記ジャケットは、窒化アルミニウムで形成されていることを特徴とする請求項55に記載のプラズマリアクター。

【請求項61】 プラズマリアクターであって、

a) 処理チャンバを限定している壁を備え、上記チャンバはその中に加工片を保持するようになっており、

b) 上記処理チャンバ内に確保されている複数の小型アンテナを更に備え、上記小型アンテナは、上記加工片を処理するために上記チャンバ内にプラズマを生成することが可能であり、

c) 上記複数の小型アンテナは各々、導体を取り囲んでいる非スパッタリングジャケットを更に備えている、  
ことを特徴とするプラズマリアクター。

【請求項62】 上記複数の小型アンテナは、上記アンテナによって生成された熱を伝導によってチャンバ壁へ転送するようになっていたことを特徴とする請求項61に記載のプラズマリアクター。

【請求項63】 少なくとも1つのガスポートを更に備え、小型アンテナが上記ガスポートの周りに配置されてノズルを形成していることを特徴とする請求項62に記載のプラズマリアクター。

【請求項64】 上記小型アンテナに結合されている少なくとも1つのRF電源を更に備え、上記各小型アンテナへの上記RF電力は独立的に調整可能であることを特徴とする請求項62に記載のプラズマリアクター。

【請求項65】 シールドを更に備え、上記シールドは、上記処理チャンバ内の電力デポジションを制御するように上記ジャケット内に挿入できることを特徴とする請求項61に記載のプラズマリアクター。

【請求項66】 上記小型アンテナの少なくとも若干の配向は、調整可能であることを特徴とする請求項61に記載のプラズマリアクター。

【請求項67】 上記ジャケットは電気絶縁性であり、上記処理チャンバは、境を接している側壁及び頂壁を更に備え、上記側壁及び頂壁は導電性材料で形成され、上記側壁及び頂壁は接地されていることを特徴とする請求項61に記載のプラズマリアクター。

【請求項68】 プラズマリアクターであって、

a) 処理チャンバを限定している壁を備え、上記チャンバはその中に加工片を保持するようになっており、

b) プラズマを生成することができる複数のノズルを更に備え、上記各ノズルは、

(i) 上記処理チャンバへプロセスガスを送給することができるガスポートと、

(ii) 上記ガスポートを取り囲み、上記プロセスガスからプラズマを生成することができる誘導アンテナと

を含み、

c) 上記複数のノズルは各々、上記誘導アンテナによって生成された熱を伝導によって処理チャンバ壁へ転送するように上記処理チャンバ壁に結合されていることを特徴とするプラズマリアクター。

【請求項69】 上記誘導アンテナは、電気絶縁性のジャケットによって取り囲まれている導体からなることを特徴とする請求項68に記載のプラズマリアクター。

【請求項70】 上記ジャケットは、耐スパッタ性であることを特徴とする請求項69に記載のプラズマリアクター。

【請求項71】 上記ジャケットは、熱伝導性のジャケットである請求項70に記載のプラズマリアクター。

【請求項72】 上記ジャケットは、セラミックからなることを特徴とする請求項71に記載のプラズマリアクター。

【請求項73】 上記ジャケットは、窒化アルミニウムからなることを特徴

とする請求項71に記載のプラズマリアクター。

【請求項74】 上記誘導アンテナは上記処理チャンバに曝露される外面を有し、上記曝露表面は上記曝露表面をセグメントに分離するギャップを含み、上記ギャップは導電性堆積物が上記セグメントを電氣的に結合するのを阻止することを特徴とする請求項71に記載のプラズマリアクター。

【請求項75】 上記ガスポートは、上記ガスポート内にプラズマが形成されるのを阻止するように形成されていることを特徴とする請求項74に記載のプラズマリアクター。

【請求項76】 上記ガスポートは、上記ガスポート内にプラズマの形成を許容するように形成されていることを特徴とする請求項74に記載のプラズマリアクター。

【請求項77】 上記ガスポートは内面を有し、上記内面は上記内面をセグメントに分離するギャップを含み、上記ギャップは導電性堆積物が上記セグメントを電氣的に結合するのを阻止することを特徴とする請求項76に記載のプラズマリアクター。

【請求項78】 上記誘導アンテナは、耐スパッタジャケットによって取り囲まれている導体からなることを特徴とする請求項68に記載のプラズマリアクター。

【請求項79】 上記誘導アンテナは、熱伝導性のジャケットによって取り囲まれている導体からなることを特徴とする請求項68に記載のプラズマリアクター。

【請求項80】 上記誘導アンテナは、コイルアンテナであることを特徴とする請求項68に記載のプラズマリアクター。

【請求項81】 上記ガスポートは、上記ガスポート内にプラズマが形成されるのを阻止するように形成されていることを特徴とする請求項80に記載のプラズマリアクター。

【請求項82】 上記ガスポートは、上記ガスポート内にプラズマの形成を許容するように形成されていることを特徴とする請求項80に記載のプラズマリアクター。

【請求項 83】 上記ガスポートは内面を有し、上記内面は上記内面をセグメントに分離するギャップを含み、上記ギャップは導電性堆積物が上記セグメントを電氣的に結合するのを阻止することを特徴とする請求項 82 に記載のプラズマリアクター。

【請求項 84】 上記誘導アンテナは、ヘリコン波を生成することができることを特徴とする請求項 68 に記載のプラズマリアクター。

【請求項 85】 上記ガスポートは、上記ガスポート内にプラズマが形成されるのを阻止するように形成されていることを特徴とする請求項 84 に記載のプラズマリアクター。

【請求項 86】 上記ガスポートは、上記ガスポート内にプラズマの形成を許容するように形成されていることを特徴とする請求項 84 に記載のプラズマリアクター。

【請求項 87】 上記ガスポートは内面を有し、上記内面は上記内面をセグメントに分離するギャップを含み、上記ギャップは導電性堆積物が上記セグメントを電氣的に結合するのを阻止することを特徴とする請求項 86 に記載のプラズマリアクター。

【請求項 88】 上記各ノズルは、上記誘導アンテナによって生成された熱を伝導によって処理チャンバ壁へ転送するように上記処理チャンバ壁に結合されていることを特徴とする請求項 68 に記載のプラズマリアクター。

【請求項 89】 上記各ノズルの誘導アンテナに結合されている RF 電力を更に備え、上記電力は独立的に調整可能であり、上記複数のノズルの若干のガスポートは、異なるプロセスガスを上記複数のノズルの若干へ送給することができるように異なるプロセスガス源に結合されていることを特徴とする請求項 88 に記載のプラズマリアクター。

【請求項 90】 上記チャンバ壁は、導電性の材料で形成されていることを特徴とする請求項 89 に記載のプラズマリアクター。

【請求項 91】 上記チャンバ壁は、導電性の材料で形成されていることを特徴とする請求項 68 に記載のプラズマリアクター。

【請求項 92】 上記誘導アンテナは上記処理チャンバに曝露される外面を



有し、上記曝露表面は上記曝露表面をセグメントに分離するギャップを含み、上記ギャップは導電性堆積物が上記セグメントを電氣的に結合するのを阻止することを特徴とする請求項68に記載のプラズマリアクター。

【請求項93】 プラズマリアクターであって、

a) 処理チャンバを限定している壁を備え、上記チャンバはその中に加工片を保持するようになっており、

b) 複数のノズルを更に備え、上記各ノズルは処理チャンバ壁に確保されており、上記各ノズルは、

(i) 上記チャンバへプロセスガスを送給することができるガスポートと、

(ii) 上記プロセスガスからプラズマを生成することができる小型誘導アンテナとを含み、上記小型アンテナは上記ガスポートの周りに配置され、

(iii) 上記プラズマに曝露される表面を更に含み、上記曝露表面は上記曝露表面をセグメントに分離するギャップを含み、上記ギャップは導電性堆積物が上記セグメントを電氣的に結合するのを阻止する、

ようになっていることを特徴とするプラズマリアクター。

【請求項94】 上記小型誘導アンテナに結合されているRF電力を更に備え、上記各ノズルへの上記RF電力は独立的に調整可能であることを特徴とする請求項93に記載のプラズマリアクター。

【請求項95】 上記複数のノズルの若干のガスポートは、異なるプロセスガスを上記複数のノズルの若干へ送給することができるように異なるプロセスガス源に結合されていることを特徴とする請求項94に記載のプラズマリアクター。

【請求項96】 上記ガスポートは、上記ガスポート内にプラズマが形成されるのを阻止するように形成されていることを特徴とする請求項93に記載のプラズマリアクター。

【請求項97】 上記誘導アンテナは、コイルアンテナであることを特徴とする請求項96に記載のプラズマリアクター。

【請求項98】 上記誘導アンテナは、ヘリコン波を生成することができることを特徴とする請求項96に記載のプラズマリアクター。

【請求項99】 上記ガスポートは、上記ガスポート内にプラズマの形成を許容するように形成されていることを特徴とする請求項93に記載のプラズマリアクター。

【請求項100】 上記誘導アンテナは、コイルアンテナであることを特徴とする請求項99に記載のプラズマリアクター。

【請求項101】 上記誘導アンテナは、ヘリコン波を生成することができることを特徴とする請求項99に記載のプラズマリアクター。

【請求項102】 プラズマリアクターであって、

a) 処理チャンバを限定している壁を備え、上記チャンバはその中に加工片を保持するようになっており、

b) 複数のノズルを更に備え、上記各ノズルは処理チャンバ壁に確保されており、上記各ノズルは、

(i) 上記チャンバへプロセスガスを送給することができるガスポートと、

(ii) 上記プロセスガスからプラズマを生成することができる小型誘導アンテナとを含み、上記小型アンテナは上記ガスポートの周りに配置され、

c) 上記各ノズルの小型誘導アンテナは、独立的に制御可能であり、

d) 上記複数のノズルの若干のガスポートは、高イオン化エネルギーを有するプロセスガスを上記誘導アンテナへ印加される高電力を有するノズルを介して送給できるように、一方低イオン化エネルギーを有するプロセスガスを上記誘導アンテナへ印加される低電力を有するノズルを介して送給できるように、異なるプロセスガス源に結合されていることを特徴とするプラズマリアクター。

【請求項103】 上記ノズルは上記プラズマに曝露される表面を有し、上記曝露表面は上記曝露表面をセグメントに分離するギャップを含み、上記ギャップは導電性堆積物が上記セグメントを電氣的に結合するのを阻止することを特徴とする請求項102に記載のプラズマリアクター。

【請求項104】 プラズマリアクター内において加工片を処理する方法であって、

a) 壁を有する処理チャンバへプロセスガスを供給するステップと、

b) 上記プロセスガスからプラズマを生成させるために、上記処理チャンバ内

に確保されている複数の小型誘導アンテナへRF電力を供給するステップと、  
を含むことを特徴とする方法。

【請求項105】 上記複数の小型誘導アンテナへ供給される上記RF電力は、調整可能であることを特徴とする請求項104に記載の方法。

【請求項106】 上記チャンバ内の高RF電力デポジションの領域及び低RF電力デポジションの領域へ、異なるガスが供給されることを特徴とする請求項104に記載の方法。

【請求項107】 上記RF電力の少なくとも若干は、小型誘導アンテナのポール領域付近へ供給されることを特徴とする請求項106に記載の方法。

【請求項108】 上記プロセスガスの若干は、小型誘導アンテナを通して供給されることを特徴とする請求項106に記載の方法。

【請求項109】 上記プロセスガスは導電性の壁によって形成されている処理チャンバへ供給され、上記導電性の壁の電圧電位を制御するステップを更に含むことを特徴とする請求項104に記載の方法。

【請求項110】 上記導電性の壁を接地するステップを更に含むことを特徴とする請求項109に記載の方法。

【請求項111】 上記複数の小型誘導アンテナの表面上の導電性堆積物内を渦電流が流れるのを阻止するステップを更に含むことを特徴とする請求項104に記載の方法。

【請求項112】 上記複数の小型誘導アンテナは、渦電流の流れを阻止するようにギャップでセグメント化されていることを特徴とする請求項111に記載の方法。

【請求項113】 上記チャンバ壁の温度を調整することによって、上記複数の小型誘導アンテナの温度を調整するステップを更に含むことを特徴とする請求項112に記載の方法。

【請求項114】 上記プロセスガスは、導電性の壁によって形成されている処理チャンバへ供給され、上記導電性の壁の電圧電位を制御するステップを更に含むことを特徴とする請求項113に記載の方法。

【請求項115】 上記チャンバ壁の温度を調整することによって、上記複

数の小型誘導アンテナの温度を調整するステップを更に含むことを特徴とする請求項104に記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【 0 0 0 1 】

## ( 技術分野 )

本発明は、誘導アンテナプラズマリアクターに関する。

## 【 0 0 0 2 】

## ( 従来 の 技術 )

従来の誘導結合プラズマリアクターは、プラズマを生成するRF電力を供給するために、典型的に大きいコイル状の誘導アンテナを有している。この大きいコイルアンテナは、典型的にリアクターチャンバの外側に配置され、チャンバ壁を通してRF電力を結合する。このような構成は、幾つかの欠点を有している。

## 【 0 0 0 3 】

この型のリアクターの1つの欠点は、リアクターの形態がプラズマ生成の位置及び効率を制限することである。表皮（スキン）の深さが浅いので、殆どの電力がチャンバ壁に近いチャンバに結合される。加工片のより近くにコイルを、従って高電力デポジション（power deposition）領域を移動させるようにチャンバの形状を変えることはできるが、高電力デポジション領域を加工片に対して最も有利な位置にしようとする場合には、チャンバの形状をどのようにするかは制限されている。これらの制限は、チャンバの形状がプラズマの特性、及びそれに関連する処理パラメータに重大なインパクトをも有していることからもたらされる。従って、チャンバの形状と、その中の所望の電力デポジションのパターンとの間で妥協点を見出さなければならない。典型的には、これはチャンバ内の電力デポジションの最適化を実行不能にする。

## 【 0 0 0 4 】

従来の誘導リアクターに伴う別の欠点は、プロセスガス種解離を容易に制御できないことである。典型的には、幾つかのプラズマ前駆体ガスを使用してプラズマを形成させる。ガスの混合体から生成されるイオンまたはラジカルの組成は、構成ガスの解離及びイオン化エネルギーに依存する。もし実質的に異なる分解電圧を有する2つの前駆体ガスを使用すれば、主として低い分解電圧を有する前駆体ガスが分解する。例えば、もし $\text{Cl}_2$ 及び $\text{He}$ の両方をチャンバへ供給すれば、約

9 ～ 10 e V の分解電圧を有する  $\text{Cl}_2$  が解離してイオンを形成し、一方約 20 e V の分解電圧を有する He は本質的にイオン化されない。これは、たとえ誘導電力を増加させても同じである。このように、従来のリアクターは前駆体ガスの型を、従って加工片を処理するために使用することができるプラズマ種を制限していた。

#### 【 0 0 0 5 】

従来の誘導リアクターに伴う更に別の問題は、導電性材料がリアクターの壁上に堆積してリアクターの効率及び性能を劣化させ得ることである。従来の誘導結合エッチングリアクターは、従来から加工片の表面からアルミニウムをエッチングするために使用されてきた。このエッチングプロセスは、殆ど塩化アルミニウム ( $\text{AlCl}_3$ ) 及びフォトレジストの断片からなる副産物を生じ、これらはリアクターチャンバの壁上に堆積する傾向がある。アルミニウムエッチングの副産物は、それらが殆ど完全に導電性ではないので、エッチング速度に重大な効果は呈さない。導電性のエッチング副産物が発生し、それらがチャンバ表面上に堆積する場合にはこのようには言えない。例えば、特に、銅 (Cu)、白金 (Pt)、タantal (Ta)、ロジウム (Rh)、及びチタン (Ti) をエッチングすると、導電性のエッチング副産物が発生する。これらの金属をエッチングするために従来の誘導結合リアクターを使用する場合には問題が発生する。

#### 【 0 0 0 6 】

リアクター壁上の導電性堆積物は、幾つかの理由でリアクターの性能を劣化させる。壁上の導電性堆積物は、プラズマに結合される誘導電力を減少させ得る。リアクターチャンバの天井及び上側部分は、誘導コイルアンテナからプラズマへの電力の結合を容易にするために、典型的には石英のような非導電性材料で作られている。チャンバの壁及び天井上に導電性材料によって形成される被膜は、プラズマに結合される誘導電力を減衰させる効果を有している。

#### 【 0 0 0 7 】

アンテナの下チャンバの内面が導電性材料で被膜されると、その材料内に渦電流が発生し、プラズマに結合される電力を減衰させる。連続するプロセスによって導電性被膜が累積するにつれて、プラズマ内への電力結合が累進的に低下し

て行く。100個の加工片をエッチングした後に、プラズマ内へ結合される電力が10乃至20%減少することを観測した。チャンバ内へ結合される誘導電力のこのような減少はエッチング速度を低下させ、プラズマを点弧させて維持する問題さえももたらし得る。

#### 【 0 0 0 8 】

導電性被膜は、印加されるバイアス電力の特性にも予測されざる変化をもたらし得る。典型的には、リアクター壁の下側部分は導電性材料で作られ、接地されていて加工片上のイオンエネルギーを制御するために使用されるバイアス回路の陽極を形成している。エッチングがイオン駆動されているので、エッチング中の加工片上のイオンエネルギーを制御するバイアス回路の特性が特に重要である。

#### 【 0 0 0 9 】

チャンバ壁の絶縁された部分上に形成された導電性被膜は、チャンバの接地された陽極部分に電気的に接続される可能性がある。これは、陽極面積を実効的に増加させ、バイアス電力に予測されざる変化をもたらす。

#### 【 0 0 1 0 】

誘導結合電力の低下、及び容量結合されるバイアス電力の増加は、エッチングプロセスに対して有害な効果を有している。誘導結合電力の減少によりプラズマイオン密度が低下し、容量結合されるバイアス電力の増加によりプラズマイオンエネルギーが増加する。典型的には、電力レベルは、プラズマイオン密度及びエネルギーを最適化するようにエッチングプロセスの前にセットされるので、これらに何等かの変化があるとエッチング品質に望ましくないインパクトを与え得る。例えば、フォトリジストの選択性が低下し、エッチング停止深さが浅くなり、イオン電流／エネルギー分布及びエッチング速度が不都合に影響される。更に、たとえ2個または3個の加工片だけをエッチングした後であっても、エッチングプロフィールに不要な変化が観測されることが分かった。

#### 【 0 0 1 1 】

勿論、誘導結合電力の低下は、誘導アンテナへ印加する誘導電力を増加させることによって補償することができる。同様に、容量結合されるバイアス電力の増加は、ペデスタルへ供給する電力を減少させることによって補償することができる。



る。または、エッチング材料が非導電性副産物を発生する場合に典型的に必要とされるよりも屢々、チャンバ壁を清浄化してもよい。

#### 【 0 0 1 2 】

しかしながら、これらの型の対処法は一般に実行不能である。エッチングリアクターのユーザは、典型的に、関連する電力レベルをリアクター製造業者から供給されるいわゆる“ レシピ” に従って設定することを好む。導電性堆積物を補償するためにレシピから逸脱することは、殆どのユーザにとって受入れ難いであろう。更に、上述した有害な効果は予測不能であり、従って電力設定の所要の変化を予め決定しておくことはできないものと考えられる。従って、ユーザがある形状の監視スキームを使用しない限り、要求される補償のために電力入力をユーザが変化させることは殆ど不可能である。実際に唯一の実行可能な解決法は、屢々（多分エッチング動作が完了する度にのように頻繁に）チャンバを清浄にすることであろう。しかしながら、清浄化の頻度を増加させることは、それがスループットレートを低下させ、コストを大幅に増加させることになるので、殆どのユーザには受入れられないであろう。

#### 【 0 0 1 3 】

従来の誘導結合リアクターに伴う別の問題は、ペDESTALに対する壁の陽極部分の表面積の比が小さ過ぎることである。プラズマに誘導電力を結合するのを容易にするためには壁の大部分は非導電性でなければならないから、RF電源から供給される容量性のバイアスのための陽極として動作することができる導電性の部分は、壁の極く一部の部分だけである。ペDESTALの表面積を、接地された部分の表面積よりも大幅に小さくし、加工片の表面の平均電圧（直流バイアス電圧と呼ばれることが多い）を負にすることが望ましい。この負の平均電圧は、正に帯電したイオンをプラズマから加工片へ引き付けるために使用される。しかしながら従来の誘導結合プラズマエッチングリアクターにおいて典型的であるように、もしペDESTALの表面積が接地された部分の表面積よりも僅かに小さいだけであれば、加工片の表面の負の平均電圧は比較的小さくなる。この小さい平均バイアス電圧では弱い引き付け力しか得ることができないので、平均イオンエネルギーは比較的低くなる。加工片に重大な損傷を与えることなく、最大のエッチング速

度が得られるようにプラズマイオンエネルギーを最適化するためには、従来の誘導結合プラズマエッチングリアクターを使用して典型的に得ることができるよりも高い負のバイアス電圧値が必要である。加工片の表面の最大可能な負の平均電圧、即ち  $p-p$  電圧の半分を発生させるためには、壁の接地された部分の表面積を、ペDESTALの表面積に比して十分に大きくすることが理想的である。

【 0 0 1 4 】

従来の誘導結合リアクターに伴う更に別の問題は、チャンバの壁の冷却を含む。殆どのプロセスは、典型的に、チャンバ温度が狭い範囲内に維持されている場合に限って安定且つ効率的である。プラズマが発生する熱の形成がチャンバ温度を要求される狭い範囲より上昇させ得るから、チャンバ内に最適温度を維持するためにはチャンバから熱を除去することが望ましい。これは、典型的に、チャンバ壁の導電性部分内に形成された冷却用チャンネルを通して冷却材流体を流すことによって達成されている。チャンバ壁の絶縁性部分内に冷却用チャンネルを形成することは容易ではないから、これらの壁には外部から空気を吹き付ける。発生する問題は、チャンバ壁を形成するために典型的に使用されている石英またはセラミックのような電気絶縁材料の熱伝導度も低いことである。従って、チャンバ壁は、チャンバから熱を転送するには理想的ではない。その結果、絶縁性チャンバ壁に接する領域においてはチャンバからの熱転送が停滞するために、チャンバ温度は望まれる温度よりも大きく変動する傾向がある。効率的なエッチング処理のために要求される上述した狭い範囲を超えて温度が変動することは屢々である。

【 0 0 1 5 】

これらの過大な温度変動は、別の問題をもたらし得る。上述したように、エッチングプロセス中に堆積物がチャンバ壁上に堆積する傾向がある。絶縁性チャンバ壁を空冷することによってチャンバ温度を制御しようとする、チャンバ壁温度及びその内面に形成された堆積物の層がサイクルする傾向がある。このサイクリングは堆積した材料の層内に熱応力をもたらし、材料の片を壁から剥脱させ、チャンバ内に落下させる。解放された堆積物材料は、加工片を汚染させることも、またはチャンバの底に沈滞することもあり得る（従って、頻繁なチャンバ清掃

化が必要になる)。

【 0 0 1 6 】

( 発 明 の 概 要 )

本発明は、加工片を処理するプラズマを発生させるために、複数の小型誘導アンテナを使用する改良されたプラズマリアクターを提供する。本発明の小型誘導アンテナは、どのような公知の型の誘導アンテナをも利用することができる。本発明の実施の形態は、コイル型アンテナ、ヘリコン (helicon) 波を発生できるループ型アンテナ、及びそれらの組合わせを使用することができる。

【 0 0 1 7 】

一実施の形態では、小型コイルアンテナが処理チャンバ内に確保され、プラズマを発生させる。小型コイルアンテナは、アンテナの両ポール領域がプラズマへ電力を結合するようにチャンバ内に配置することができる。アンテナをプラズマ内に浸漬させることによって、誘導電力をより効率的にプラズマへ結合することができる。小型内部誘導コイルを用いると、コイルをチャンバ壁に対して直角に配向する以外に、コイルをチャンバ壁に沿って配向することも可能になる。これによって、プラズマへの電力結合を更に改善することができる。

【 0 0 1 8 】

プラズマへの電力結合を改善することに加えて、本発明の実施の形態は、加工片処理をより良好に制御するために、チャンバ内の電力デポジションを調整できるようにする。チャンバ内の小型アンテナの数及び位置は、プラズマ特性を最適化するように選択することができる。更に、プラズマ特性を改善するために、アンテナは頂壁、側壁、または底壁に固定することができる。更に、処理チャンバ内の電力デポジションは、コイルの配向、及び個々のアンテナを通るRF電力の大きさ及び位相関係を変化させることによって調整することができる。

【 0 0 1 9 】

本発明の好ましい実施の形態は、プラズマ前駆体ガスを、高及び低電力デポジション領域内へ選択的に導入する。プロセスガスは、高電力を供給するように選択されたアンテナ付近に送給することができる。それは、1つのポール領域付近、プラズマ特性を改善するために隣接するアンテナの逆ポールの間に、またはコ

イルまたはループアンテナの中心を通して送給することができる。

【 0 0 2 0 】

更に、チャンバ内のアンテナ位置に従ってチャンバ内のRF電力デポジションを選択できるように、アンテナを個々に調整可能なようにRF源電力に結合することができる。高電力デポジションは、例えば加工片から離して供給し、一方低電力デポジションは加工片に近接させて供給することができる。これにより、プラズマ特性を最適化し、加工片処理を改善することが可能になる。例えば、高デポジション領域を使用してより多くのイオンを有するプラズマを形成させ、一方低デポジション領域を使用してより反応性のニュートラルを形成させることができ、これらは加工片上に改善されたプラズマ特性を得るために混合することができる。

【 0 0 2 1 】

この好ましい実施の形態は、前駆体ガスの選択をも拡大することになり、それによってプラズマ特性の改善を可能にする。例えば、Heのような高イオン化エネルギーガスを（容易に制御されるイオンを得るために、それを他のガスと混合する前に）高電力デポジション領域内へ導入し、一方別のプロセスガスを低デポジション領域内へ導入して反応性ニュートラルを発生させ、次いで組合わせて加工片上に改善された特性を有するプラズマを発生させることができる。

【 0 0 2 2 】

好ましい実施の形態では、本発明の内部アンテナは、アンテナの不要なスパッタリングを防ぐように製造されている。非スパッタリング・導電性材料でアンテナを形成することは可能ではあるが、現在では、導電性材料のアンテナを形成してそれを完全に、または部分的に非スパッタリングジャケットによって取り囲むことが好ましい。非スパッタリングジャケットは、処理チャンバ内のプラズマがジャケットの下に位置する材料を処理チャンバ内へスパッタさせるのを防ぐ。一実施の形態では、アンテナは、非スパッタリングジャケット内に埋め込まれた導体材料で形成される。別の実施の形態では、取り囲んでいる非スパッタリングジャケットは、ジャケット内でコイルが回転できるようにしている。更に別の実施の形態では、ジャケット内にシールドを挿入し、処理チャンバからRF電力を遮

蔽することができる。

【 0 0 2 3 】

好ましい実施の形態では、アンテナは、アンテナが発生する熱を伝導によってジャケットとチャンバ壁との間へ転送するように、チャンバ壁に結合されている。このようにするために、アンテナは、ろう付け、ねじ止め、着座、またはそれ以外にそれとの接着、融合、または機械的連結によってチャンバ壁に結合することができる。これにより、チャンバ壁の温度を調整することによって、アンテナの、特定のにはアンテナのジャケット部分の温度を調整することができる。ジャケットの調整は、ジャケットの割れ及び薄片化、及びジャケットの表面上への何等かの堆積を防ぐのを援助することができる。これは、アンテナの有効寿命を伸ばし、加工片の汚染を防ぐ。

【 0 0 2 4 】

好ましくは、非スパッタリングジャケットは電気絶縁性であり、そして低いRF電力減衰を呈する材料で作る。このような実施の形態では、プラズマに曝露されるアンテナの表面をセグメント化し、アンテナの表面上に堆積した導電性材料内の渦電流の流れを減少させることができる。若干の実施の形態では、ポール領域付近のような曝露表面の部分だけを、または他の高電力デポジション領域をセグメント化し、堆積物内の渦電流の流れを十分に減少させることができる。

【 0 0 2 5 】

好ましい実施の形態では、分離された表面を導電性堆積物が電氣的に結合するのを阻止するように、アンテナの曝露表面をガスが分離する。典型的にはギャップを形成し、ギャップ幅に対して側壁を十分な長さにしてセグメント化された表面を導電性堆積物が結合するのを阻止すると共に、ギャップ内にプラズマが発生することをも阻止する。一実施の形態では、ギャップは約0.025乃至1 mmであり、高さ対幅の比は約5より大きい。代替として、または付加的に、ギャップを形成している側壁の形状は、導電性副産物がアンテナのセグメントを結合するのを阻止するように調整することができる。別の実施の形態では、側壁はチャンバ壁付近を切り込んで、ギャップを“T”字形の形状にしてある。

【 0 0 2 6 】

上述したように、本発明の若干の実施の形態では、プロセスガスを高または低電力デポジション領域内へ選択的に導入することができる。本発明の若干の実施の形態では、単一の、または複数のプロセスガスを、アンテナを通してチャンバへ送給することができる。この実施の形態では、アンテナを導電性材料で作り、電気絶縁性の、そして熱伝導性の非スパッタリング材料によって取り囲むことができる。アンテナはポートを取り囲み、ポートの外側または内側にプラズマを生成させるために使用することができる。上述したように、プラズマに曝露されるアンテナの表面をセグメント化し、プラズマに結合される電力を導電性堆積物内の渦電流が減衰させるのを阻止することができる。アンテナの外側、ポート、または両方をセグメント化することができる。ポート及びそれを取り囲むアンテナは、処理チャンバの壁から伸びる、または壁内に陥凹したノズルを形成する。この実施の形態を用いると、プロセスガスは、上述したようにチャンバ壁に結合されるコイルまたはループ型ヘリコン波アンテナの中心を通して送給することができる。

#### 【 0 0 2 7 】

上述したように、本発明の小型内部誘導アンテナの実施の形態は、何れも処理チャンバ内の如何なる形態内にも配置することができ、加工片上に所望のプラズマ特性を発生させる。更に、如何なる数またはサイズの小型誘導アンテナも、処理チャンバ内に配置することができる。若干の実施の形態は種々のサイズの小型アンテナを使用することができ、一方他の実施の形態は本発明の小型誘導アンテナを既存チャンバ及びアンテナレイアウトと共に使用して処理を改善することができる。

#### 【 0 0 2 8 】

本発明の好ましい実施の形態は、加工片処理を更に改善するために、導電性チャンバ壁をも提供する。アンテナを処理チャンバ内に配置することの利点は、直流バイアス回路のための陽極として動作するチャンバ壁の導電性部分のサイズを増加させ得ることである。より大きい陽極を設けることによって、処理速度を最適化できると共に、加工片に重大な損傷を与えなくなる。

#### 【 0 0 2 9 】

導電性の壁は、チャンバの内部に向いている壁の部分を形成する保護層と共に製造することができる。この保護層は、チャンバ内に形成されるプラズマによってチャンバ壁から材料がスパッタされるのを防ぐ。この保護層が存在しない場合には、壁からスパッタされた材料が処理品質を劣化させ、加工片を汚染するので、その上に形成されるデバイスを損傷させるようになる。一実施の形態では、導電性チャンバ壁はアルミニウムで作られ、酸化アルミニウム（即ち、陽極酸化処理されたアルミニウム）の保護層を有している。しかしながら、保護層は、例えば炭化ホウ素のような導電性セラミック材料であることもできる。

【 0 0 3 0 】

更に、チャンバ壁を導電性にすることができるから、チャンバ壁上の如何なる導電性堆積物もプラズマ特性に有害な効果を呈することがなくなる。例えば、付勢された加工片ペDESTALのための陽極として動作するリアクターの接地領域への堆積物の電氣的結合によってもたらされるRF電力の容量結合、及びイオンエネルギーの突然の増加は存在しない。従って、たとえ処理によってチャンバの内壁が導電性堆積物で被膜されたとしても、電氣的に接地された導電性チャンバ壁を小型内部誘導アンテナと共に使用することによって、プラズマ特性は変化しないようになる。

【 0 0 3 1 】

また、アルミニウムのような導電性材料で作られたチャンバ壁は、石英またはセラミックのような従来から使用されてきた電気絶縁材料よりも遙かに大きい熱伝導度を呈する。これにより、熱は、アンテナ及びチャンバの内部から、チャンバ壁内に形成された冷却用チャンネルを通して流れる冷却材流体へ迅速に転送される。従って、狭いチャンバ温度範囲を維持し、従来のリアクターにおけるチャンバ壁上の堆積物の割れ及び剥脱に関連する問題を回避することが容易である。更に、アルミニウムチャンバ内に冷却用チャンネルを形成することは、従来の石英壁におけるよりも容易であり、且つ安価である。

【 0 0 3 2 】

導電性の壁を有する実施の形態の上述した長所に加えて、誘導コイルアンテナ及び付勢されたペDESTALに供給されるRF電力の量を調整することによって、

プラズマ特性をより良好に制御することができる。例えば、RF電力をペデスタル（及び／または導電性チャンバ壁）だけに供給することによって、容量的に結合されたプラズマを形成させることができる。反対に、誘導アンテナ、または選択されたアンテナだけにRF電力を供給することによって、誘導的に結合されたプラズマを形成させることができる。または、リアクターを、誘導的に及び容量的に結合されたRF電力の何等かの所望の混合を使用して動作させることができる。即ち、リアクターは、誘導結合モードで、容量結合モードで、または組合せモードで動作させることができる。これにより、広いプロセスウィンドウを通して種々の動作を遂行させるために、リアクターを使用する機会が与えられる。

#### 【 0 0 3 3 】

以上に説明した利点以外に、本発明の他の目的及び長所は以下の添付図面に基づく詳細な説明から明白になるであろう。

#### 【 0 0 3 4 】

（実施の形態）

図1Aに、プラズマリアクターチャンバ200の壁210内の小型誘導コイル100を示す。壁210は、側壁、頂壁、または底壁のようなチャンバ200を典型的に限定しているどのような壁であることもできる。RF源150は、小型誘導コイル100に電力を供給する。小型誘導コイルは磁場（図示してない）を誘起し、この磁場が電場（図示してない）を誘起させ、チャンバ200内にプラズマを生成させる。

#### 【 0 0 3 5 】

図1A及び1Bの内部誘導アンテナを用いる場合には、これらのアンテナはプラズマ内に浸漬させることができる。プラズマ内にアンテナを浸漬させることによって、誘導電力をより効率的にプラズマに結合することができる。小型内部誘導コイルを用いることによって、コイルをチャンバ壁に直角に配向する以外に、コイルをチャンバ壁に沿って配向させることもできる。これによって、プラズマへの電力の結合を更に改善することができる。図1A及び1Bは、チャンバ200内での小型誘導コイル100の若干の可能な配向を示している。コイル100はチャンバ200内にあるので、コイルを図1Bに示すように配向して誘導電力



をより効率的にプラズマへ結合することができる。図1Bにおいては、両ポール領域110b'及び110B"がプラズマに曝露されるように、瞬時磁場を配向させることができる。ポール領域110b'及び110B"が、殆どの誘導電力を送給する。従って、誘導アンテナ100bをプラズマ内に浸漬させることによって、両ポール110b'及び110B"がプラズマへ誘導電力を送給するようにアンテナを配向させることにより、プラズマへの誘導電力結合を更に増加させることができる。

#### 【0036】

典型的な応用においては、プラズマリアクターは、加工片処理用のプラズマを発生させるために、幾つかの小型誘導コイルを使用することができる。このような実施の形態では、加工片上に均一なプラズマが得られるようにコイルを配列することが好ましい。本発明によれば、コイルの位置を変えることによって、コイルの配向を変えることによって、または個々のコイルアンテナのそれぞれを通るRF誘導電力の大きさ及び位相関係を調整してチャンバ内の電力デポジションのプロファイルを変えることによって、チャンバの内側のプラズマの均一性を調整するように小型誘導コイルを使用することができる。

#### 【0037】

図2A-2Cは、チャンバ200内の小型内部誘導アンテナ300の可能な配列を示す切断上面図である。図2A-2Cでは、コイルアンテナは、チャンバ200の中心の周りに配置されている。小型内部誘導コイルアンテナ300は、チャンバの頂壁即ち天井付近に、またはそれに確保することができる。

#### 【0038】

図2A及び2Bでは、コイルアンテナ300は、瞬時磁場極性310がチャンバの中心と対面するように配列されている。図2Aでは、コイルアンテナ300は、隣接するアンテナの瞬時磁場がチャンバ200の中心に向かって反対極性を呈するように、1つの電源（図示してない）によって、または複数の電源によって駆動される。また、図2Aの実施の形態では、対向するアンテナは、チャンバ200の中心に対面しているポール310が逆極性を呈している。

#### 【0039】

図2Bでは、コイルアンテナは、隣接するアンテナの瞬時磁場がチャンバ200の中心に対面しているポール310上で同一極性を呈するように、また対向するアンテナがチャンバ200の中心に対面しているポール310が同一極性を有するように駆動される。

【0040】

図2Cでは、コイルアンテナ300は、ポール310が隣接するアンテナに向くように、円形に配列されている。図2A及び2Bの実施の形態のように、コイルアンテナ300の相互接続、及び源電力の位相関係は、加工片上のプラズマが均一になるように選択することができる。例えば、若干の応用では、隣接するアンテナの近傍ポールが逆極性を呈することができる。

【0041】

図2A-2Cのコイルアンテナ300は、図3に示すように、チャンバの1つまたは複数の側壁220に確保することができる。更に、図4に示すように、アンテナは、チャンバ200の底壁230に確保することもできる。更に、チャンバ200内の電力分布を調整するために、如何なる数のアンテナ300も使用することができる。このようにして、アンテナの数及びチャンバ200内のそれらの位置を変化させることによって、加工片10上のプラズマの均一性を最適化することができる。

【0042】

図5は、チャンバ内のコイルの別の可能な配列を示している。アンテナ300は、特に図5に示すように、球形のドーム形状に配列することができる。チャンバ200内の電力デポジションを最適化するために、アンテナ300の位置及び位相関係を調整することに加えて、個々のアンテナコイルの振幅も調整することができる。例えば、ペDESTAL 16からより遠いアンテナが、それにより近いアンテナよりも比例的に多くの電力をプラズマに供給することができる。

【0043】

更に、本発明の好ましい実施の形態は、プラズマ種密度の改善された制御を可能にする。これを達成できるようにする一方法は、チャンバ内の高、または低電力領域の領域内に前駆体ガスを選択的に導入することである。プラズマ特性を制

御するために、アンテナ300の電力レベルを独立的に調整することができる。  
例えば、図6の実施の形態では、1つまたは複数の前駆体ガスは、高電力を供給するように選択されているアンテナ300を取付けている天井付近に配置されたガスポート270を通して供給することができ、一方ガスポート275は、低電力アンテナ300を取付けている側壁付近において1つまたは複数の同じ前駆体ガスを供給する。従って、個々のアンテナ300の各々に供給される電力レベルを調整することによって、プラズマの総合特性を制御することができる。

#### 【0044】

異なるプラズマ前駆体ガスを、高及び低電力デポジション領域内へ供給することも可能である。このような実施の形態では、高いイオン化エネルギーを有するガスをボール310のような高電力領域内へ供給することができ、一方低いイオン化エネルギーを有するガスを低電力の領域内へ導入することができる。例えば、図6A及び6Bの実施の形態では、高いイオン化エネルギーを有する1つの前駆体ガスを高電力アンテナ300を取付けている天井付近に配置したガスポート270を通して供給することができ、一方ガスポート275は低いイオン化エネルギーを有する前駆体ガスを低電力アンテナ300を取付けている側壁220付近に供給する。

#### 【0045】

高、または低電力デポジションの領域へ異なる前駆体ガスを供給できることの長所は、プラズマを形成させるために使用することができる前駆体ガスの型を拡大することである。その結果、プラズマの特性は、加工片処理を最適化するように改善することができる。例えば、イオンの源としてArの代わりにHeを使用することができる。Arと比較した時のHeの1つの長所は、He陽イオンがAr陽イオンよりもマッシュプではないことである。従って、He陽イオンは、印加された加工片バイアスに対してより鋭敏である。その結果、加工片に電荷損傷を与えることなく、より高い処理速度が可能になる。

#### 【0046】

本発明の好ましい実施の形態の更に別の長所は、チャンバを絶縁材料で作る必要がないことである。従来は、外部コイルによって生成された磁場が大幅に減衰

されるのを防ぐために、誘導コイルアンテナの下に位置するチャンバ壁の部分を、典型的には石英またはセラミックである非導電性材料で作らなければならなかった。コイルをチャンバの内側に配置することによって、この問題は最早考慮する必要はない。従って、チャンバ壁をアルミニウムのような導電性材料で作ることができる。

【 0 0 4 7 】

チャンバ壁を導電性にするることにより、多くの望ましい効果が得られる。第1に、図3-5に示すように、チャンバ壁220及び240を電氣的に接地し、ペDESTAL 16を通して供給されるRF電力のための電氣的接地として役立たせることができる。チャンバ壁220及び240の表面積は、従来使用されてきた接地面積よりも遙かに大きい。更に、今は導電性であり、接地されているチャンバ壁220及び240の表面積は、RF付勢されているペDESTAL 16の表面積を大幅に越える。これにより、より大きい負のバイアス電圧が発生するので、加工片の表面に、より最適なプラズマイオンエネルギー及び指向性を発生させることを可能にする。

【 0 0 4 8 】

図3-5は、全体が導電性材料で形成され、接地されているチャンバ壁を示しているが、もし望むならば、壁の一部分を非導電性材料で形成することも、または壁を他のある電圧電位に設定することも、またはもし望むならば、浮かせることもできる。上述したように、本発明の長所は、外部誘導アンテナによって賦課される非導電性チャンバ壁材料のサイズ及び配置に対する制限を除去したことである。

【 0 0 4 9 】

導電性チャンバ壁を使用することの別の長所は、誘電性壁上の導電性堆積物がチャンバの接地された領域と電氣的に結合した時に発生する電圧シフトの問題を解消することである。チャンバ壁220及び240は既に導電性であり、電氣的に接地されているから、壁の内面上に付加的な導電性材料が堆積しても無関係であり、バイアス電圧またはプラズマ特性には全く影響しない。

【 0 0 5 0 】

導電性チャンバ壁220及び240を使用することの更に別の長所は、これらの壁を冷却する能力を高め得ることである。例えば、アルミニウム製のチャンバ壁は、従来の誘導結合プラズマエッチングリアクターの石英製の壁に比して、遙かに高い熱伝導度を呈する（例えば、アルミニウムが $204\text{W/m K}$ であるのに対して石英は $0.8\text{W/m K}$ である）。更に、冷却用チャンネル216（図7A-7Bに示す）はアルミニウムチャンバ壁212内に容易に形成され、今はチャンバ全体をアルミニウムで作ることが可能であり、冷却用チャンネル216をチャンバ壁全体に分布させることができる。これにより、従来の誘導結合RFプラズマリアクターでは必要とされていたチャンバ壁の外部を空冷する必要性が排除される。内部冷却用チャンネル212を通して冷却材を流すことは、遙かに効率的な熱伝達方法である。従って、チャンバ400から、チャンバ壁212内に形成されている冷却用チャンネル216内を流れる冷却材流体への熱伝達は、遙かに迅速である。この増加した熱伝達速度により、チャンバ温度の変動を遙かに小さくすることができる。その結果、効率的なエッチング処理を保証し、汚染堆積物が割れてチャンバ壁から剥脱するのを防ぐために必要な狭い温度範囲内に、チャンバ温度を容易に維持することができる。

#### 【 0 0 5 1 】

しかしながら、アルミニウムのような金属製の導電性チャンバ壁は、潜在的な欠点を有し得る。これらの材料は、若干の処理条件の下でスパッタする傾向がある。壁からスパッタされた材料が加工片を汚染し、その上に形成されたデバイスに損傷させる恐れがある。この潜在的問題は、図5に示すように、チャンバ壁の内面に保護被膜45を形成させることによって防ぐことができる。この被膜45は、プラズマの効果に耐え、それにより導電性材料がチャンバ200内へスパッタされるのを防ぐように設計されている。更に、被膜45は、壁が呈する電氣的及び熱的特性に対して重大な効果を呈さないように設計される。もしチャンバ壁がアルミニウムであれば、内面を陽極酸化処理する（即ち、酸化アルミニウムの層で被膜する）ことが好ましい。陽極酸化処理済みアルミニウム層は、上述した保護特性を与える。代替として、壁のスパッタリング及び表面反応を防ぐために、チャンバの内面を形成するように、またはそれらを被膜するように、導電性セ

ラミック材料を選択することができる。例えば、炭化ホウ素が適切な選択であるう。

#### 【 0 0 5 2 】

同じようなスパッタリング問題が、上述した小型コイルアンテナにも存在している。もしコイルアンテナが金属で形成されていれば、プラズマによる不要なスパッタリングが加工片を汚染し、またコイル構造が急速に腐食される可能性がある。これを阻止するために、一実施の形態では、炭化ホウ素の如き導電性セラミックのような非スパッタリング導電性材料で作られている。別の実施の形態では、コイルアンテナは金属コアで形成され、それを非スパッタリング材料によってプラズマから隔離している。

#### 【 0 0 5 3 】

一実施の形態では、図 7 A に示すように、金属製コイル 4 0 2 を非スパッタリングジャケット 4 1 2 によって取り囲むことができる。非スパッタリングジャケット 4 1 2 も、窒化アルミニウムの如きセラミックのような貧弱な導電体であり、且つ良好な熱伝導体であることが好ましい。小型アンテナ 4 0 0 は、アンテナ 4 0 0 と壁 2 1 2 との間に熱の流れの通路を与える熱交換チャンネルまたは導管 2 1 4 を形成するように、チャンバの壁 2 1 2 に結合することができる。一実施の形態では、熱交換導管 2 1 4 は、アンテナ 4 0 0 が発生した熱を伝導によってチャンバ壁に転送するために、アンテナ 4 0 0 を壁 2 1 2 にろう付けする等によってアンテナ 4 0 0 を壁 2 1 2 に直接結合して作られる。アンテナ 4 0 0 は、ねじ止め、接着、融合等によって壁に連結、またはそれ以外に結合し、熱交換導管を形成させることができる。

#### 【 0 0 5 4 】

アンテナ 4 0 0 を壁 2 1 2 に結合することによって壁 2 1 2 の温度を調整し、アンテナ 4 0 0 の温度を調整することができる。従って、アンテナ 1 0 0 の温度は、リアクター壁 2 1 2 内のチャンネル 2 1 6 を通して冷却材をポンピングすることによって調整することができる。アンテナ 4 0 0 が熱を壁 2 1 2 に伝導させるようにアンテナ 4 0 0 を壁 2 1 2 に結合し、壁 2 1 2 の温度を調整することは、アンテナ 4 0 0 の温度を調整するための手段を構成している。

## 【 0 0 5 5 】

アンテナ400の温度を調整することは、ジャケット412の割れ及び薄片化を防ぎ、アンテナ400の表面上に累積し得る何等かの汚染堆積物の割れ及び薄片化を阻止する。割れ及び薄片化は、典型的には、熱膨張サイクルによって発生する。例えば、調整されないアンテナは、500℃またはそれ以上の温度に達することができ、次いで室温まで冷却される。この型の温度サイクルは、アンテナの表面またはその上の被膜または累積物、またはジャケット自体に割れまたは薄片を生じさせる恐れがある。もしアンテナが加工片上に、またはその付近に位置していて、もし温度調整されなければ、片が加工片を汚染することが考えられる。更に、もしアンテナの温度が調整されれば、ジャケット及び導体が分離する可能性は少なくなる。アンテナの最適動作温度は、副産物の型及びアンテナの組成に依存する。それは経験的に容易に決定することができ、約100から300℃までであるものと予測される。

## 【 0 0 5 6 】

この実施の形態では、アンテナ400が不均一に加熱されないように、熱を迅速に転送する良好な熱伝導体を選択されている。不均一に加熱されるとアンテナ100に熱応力がもたらされ、その信頼性を低下させる可能性がある。電流が導体コイル402を通過すると導体によって熱が生成され、それがアンテナ400を加熱する。アンテナは壁212によって冷却されるから、アンテナ400内に温度勾配が発生し得る。良好な熱伝導体を使用することにより、アンテナ400を劣化させる、またはアンテナと壁との結合を劣化させるような十分な熱応力をアンテナ400が受けることがないように、アンテナ内の温度勾配を減少させることができる。更に、上述したように、アンテナの熱伝導度は、アンテナまたは副産物が薄片化しないように、及びアンテナの表面上の副産物の堆積を制御できるように、アンテナの温度を最適化できるようにしなければならない。

## 【 0 0 5 7 】

貧弱な導電体のジャケットを形成させることは、接地されたチャンバ壁212を通して接地に達する通路を生じることなく、導体コイル402を導電性チャンバ壁212に結合する手段を与える。もし非スパッタリングジャケット412を

炭化ホウ素のような導電性セラミック材料で形成するのであれば、ジャケット412は、導電性ジャケット412材料と導電性チャンバ壁212との間に形成される電気絶縁層（図示してない）を介して壁212に結合することができる。このようにすると、熱伝導層はアンテナとチャンバ壁との結合によって形成される熱交換導管が構成され、それにより、チャンバ壁の温度を調整することによって誘導アンテナの温度を調整する手段が構成される。

【 0 0 5 8 】

図7Aは、本発明の小型内部誘導アンテナ400の可能な実施の形態を示している。図7Aの実施の形態においては、ジャケット412はブロックの形状に形成され、導電性コイル402はジャケット412内に配置されている。図7Aに示すように、コイル402は、磁束特性を改善するために鉄心414の周りに巻くことができる。図7Aに示すように、コイル402をRF電源に直接接続することも、または他のアンテナを介してRF電源に相互接続することもできる。

【 0 0 5 9 】

アンテナ400は、ろう付け214によってチャンバ壁212に結合することができる。ろう付け結合214は、アンテナ400と壁212との間で熱を交換することを可能にする。この実施の形態においては、ジャケット412の温度及び導体402の温度は、壁212内のチャンネル214を通して冷却材をポンピングすることによって調整される。アンテナと壁との間に熱交換導管を形成するために、ろう付けによってアンテナ400を壁212に結合することは一つの方法にしか過ぎない。図7Aの実施の形態では、アンテナ400と壁との間の熱交換導管214は、アンテナ400の熱膨張サイクルによってアンテナに割れまたは薄片化が生じないように、またはアンテナ・壁結合が切り離されないように温度を調整可能にする十分な熱伝導度を有していなければならない。

【 0 0 6 0 】

図7Aの実施の形態は、チャンバ200の内部に曝露されるアンテナの表面にギャップ422をも使用している。アンテナの曝露表面を分離すると、アンテナの表面上に形成される導電性堆積物（図示してない）内に発生し得る渦電流が減少する。



## 【 0 0 6 1 】

アンテナ400の表面上の導電性副産物内の渦電流は、アンテナ400とプラズマとの間の電力結合を減衰させる。従って、加工片が処理されるにつれて、プラズマに送給される電力が徐々に減少して行く。これは密度及びプラズマエッチング速度のようなプラズマ特性に影響する。加工片処理はプラズマ特性の精密な制御を必要とするから、アンテナ電力結合の変動は加工片処理を劣化させる。

## 【 0 0 6 2 】

渦電流は、コイル402を通るRF電力によって生成される変化する磁場416に伴う電場418によって誘起される。ギャップ422は、ギャップ422によって分離されている表面の間を導電性堆積物が電氣的に接続するのを阻止するように形成されている。更に、アンテナ400の表面内のギャップ422は、電場418及び磁場416に応答して、それらが渦電流を流すのを阻止するように配向されている。

## 【 0 0 6 3 】

図7Aの実施の形態では、ギャップは、ポール領域410'及び410"付近のアンテナの表面に沿って水平に形成されている。小型内部アンテナ400を用いる場合には、ポール領域410'及び410"は高電力デポジション領域である。このように、殆どの渦電流損を減少させるように、ギャップ422をポール領域410'及び410"の付近だけに形成することができる。図7Aには図示していないが、渦電流損を更に減少させるために、導電性堆積物が形成され得る如何なる表面内にもギャップを形成させることが可能である。

## 【 0 0 6 4 】

図7Bは、本発明の別の実施の形態の側面を示している。この実施の形態においては、水平ギャップに加えて、ポール領域410'付近のアンテナ400の表面に沿って垂直ギャップ424が設けられている。更に、アンテナ400の非ポール領域内のアンテナの表面に沿って、ギャップ426も設けられている。

## 【 0 0 6 5 】

アンテナ400の表面を分離する、またはセグメント化することによって、渦電流の流れが阻止される。このように、アンテナ400の表面をギャップ422

によって分離することは、アンテナの表面上の導電性堆積物内に発生する渦電流を減少させ、且つプラズマへ結合される誘導電力を更に改善するための手段を構成する。

#### 【 0 0 6 6 】

図 8 A 及び 8 B を参照する。好ましい実施の形態では、ギャップ 4 2 2 のサイズは、導電性堆積物がギャップを橋絡してギャップによって分離されている表面を電氣的に接続するのを阻止するように十分に大きい。更に、好ましい実施の形態では、ギャップサイズは、プラズマがギャップ 4 2 2 内に生成されないように選択されている。従って、最大ギャップサイズは、以下のデバイ (Debye) の方程式によって支配される。

$$\lambda_{De} = (\epsilon_0 T_e / e n_0)^{1/2}$$

ここに、 $\lambda_{De}$  は、デバイ長さであり、

$\epsilon_0$  は、自由空間の透磁率、 $8.854 \times 10^{-12} \text{ F/m}$  であり、

$T_e$  は、電子温度 = 4 V であり、

$e$  は、電子の無符号電荷であり、

$n_0$  は、プラズマ密度である。

典型的な応用においては、ギャップは、図 8 A に示すように、ジャケット 4 0 2 の曝露表面の下を伸びる平行側壁を有するように形成され、これらの側壁は約 0.025 mm 乃至 1 mm の幅によって分離されている。

#### 【 0 0 6 7 】

ギャップ 4 2 2 内の導電性堆積物が分離された表面 4 3 2 を電氣的に結合するのを阻止するために、平行側壁 4 3 4 a は、典型的に 5 より大きいアスペクト比を有している。図 8 B の実施の形態では、ジャケット 4 0 2 は、アンテナの表面 4 3 2 の下を伸びるギャップ 4 2 2 の部分が“ T ”字形を形成して導電性副産物がセグメントを結合するのを阻止するように形成することができる。側壁 4 3 4 a 及び 4 3 4 b の長さは、ギャップ内に堆積した導電性材料が分離された表面 4 3 2 を結合するのを阻止するように、ギャップ 4 2 2 の幅に比して十分に大きくする。

#### 【 0 0 6 8 】

図9Aを参照する。本発明の更に別の実施の形態では、コイル412はジャケット502によって部分的に取り囲まれており、ジャケット502によって形成されているアンテナ500の内部部分504内に位置している。この実施の形態では、アンテナ500は、熱がアンテナ500のジャケット502から、アンテナ500と壁222との結合224においてチャンバ壁222へ流れることができるように、例えばフランジ226、ねじ切り、その他の公知の機械的連結を使用してチャンバ壁222内に座している。従って、チャンバ壁222の温度を調整することによって、アンテナ500の温度を調整することができる。更に、この実施の形態では、内部部分504を冷却することによってアンテナ500の温度を調整することもできる。

【0069】

図9Bを参照する。この実施の形態では、アンテナの外側の電力プロファイルを制御するために、シールド540を使用している。例えば、シールド540は、チャンバ200内の電力デポジションを選択的に減少させるために、部分的に、または全面的に内部部分504内に配置することができる。シールドは、アンテナ200のボールの付近に、または非ボール領域に配置することができる。

【0070】

図9Cを参照する。円筒形の側壁606を有するジャケット602を設けることも可能である。この実施の形態では、チャンバ内の電力デポジションを変化させるために、コイル412とジャケット602とを一緒に回転させることによって、またはジャケット502内でコイルを回転させることによって、コイル412を回転させることができる。このようにして、コイル412の配向を調整してチャンバ内の電力デポジションを最適にすることができる。例えば、図2A-2Cのアンテナのボール配向は、ジャケットに対してコイルを回転させることによって、またはアンテナ600全体を回転させることによって得ることができる。

【0071】

図9A-9Cのコイル及びコアを取り囲んでいる内部部分は、全部、または一部を中空に形成することも、または中実にすることもでき、シールドイング、コイル回転、及び／またはコイル冷却を容易にすることができる。一実施の形態で

は、例えば、中空の内部を有するベル型のガラスジャケットが、導電性コイルのスパッタリングを防ぎながら、アンテナの回転、シールドイング、及び温度調整を可能にしている。

【 0 0 7 2 】

上述したように、高または低電力デポジションの領域に近接してガスポートを選択的に配置する（図5-6Bに示すように）ことによって、本発明の若干の実施の形態においては、プラズマ特性及びプロセスガスの拡大された選択をより良好に制御し、それによって加工片処理及びコストを改善することが可能になる。更に、本発明の他の実施の形態は、選択されたコイルの中心を通してプロセスガスを供給できるようにしている。図10A-10Fは、コイル内に配置されたプロセスガスポートを有する小型誘導コイルアンテナの可能な実施の形態を示している。

【 0 0 7 3 】

図10Aを参照する。誘導コイル1012が、ガスポート1270を取り囲んでいる。この実施の形態では、ポート1270の直径は、プラズマがポート1270内に形成されないようにしている。従って、ポートの直径は、デバイ長さによって支配される。

【 0 0 7 4 】

また、この実施の形態では、コイル1012は熱伝導性のジャケット1402内に埋め込まれており、コイルが生成した熱をチャンバ壁へ転送するようにチャンバ壁に固定することができる。更に、コイルは、コイル1012の周りに分離した電気絶縁体（図示してない）を設けることによって、またはチャンバへ供給される誘導電力を大きく減衰させない電気絶縁材料のジャケット1402を形成することによって、電氣的に絶縁すべきである。更に、この実施の形態では、上述したように、プラズマに曝露されるアンテナの表面を非スパッタリング材料で形成することが好ましい。例えば、若干の応用においては、スパッタリングを防ぎ、そして熱伝導度及び電気絶縁を与えるために、ジャケット1402は窒化アルミニウム等のようなセラミックで形成することができる。

【 0 0 7 5 】

図10Bを参照する。上述したように、熱伝導性の材料が堆積して導電性堆積物内の渦電流を減少させるために、アンテナ1100の表面にギャップ1422を設けることができる。これらのギャップ1422はアンテナ1100の曝露表面をセグメント化し、渦電流がアンテナ1100の表面上の導電性堆積物内を流れるのを阻止する。この実施の形態では、図10Bに示すように、ギャップ1422をポール領域に近接して形成し、アンテナの表面を横切って線形に伸ばすことも、または図10Eに示すように、アンテナジャケット1702の表面内に弓形のセグメントを形成することもできる。この実施の形態では、もし望むならば、チャンバ内のプラズマ分布を制御するように、小型アンテナの若干、または全部に近接させて磁石1700を設けることもできる。鎖線で示してあるように、磁石1700もジャケット材料内に包み込むことができる。

#### 【0076】

図10Cを参照する。別の実施の形態では、プロセスガスは、ヘリコン波を生成することができる小型の磁氣的に強化された誘導アンテナの1つまたは複数のループの間に配置されたポート2270を通して送給することができる。この実施の形態では、導体2012がガスポート2270の周りに2回ループにされ、ヘリコン波を伝播させるように2つのループ内のRF電流の位相は $180^\circ$ ずらされている。ループ間の距離は、誘起されたヘリコン波が2つのループ間を伝播するのにRF周期(13.56MHzの場合は、約12.5cm)の1/2を要するようにしてある。

#### 【0077】

導体2012は、ジャケット2402内に埋め込まれている。上述した実施の形態と同様に、ジャケットは非スパッタリングで、電気絶縁性で、熱伝導性の材料で形成することが好ましい。

#### 【0078】

内側及び外側電磁石2800が、導体2012の外側の周りに円周状に配置されていて、プラズマ発生を強化し、処理チャンバ内のプラズマ分布を制御するようになっている。内側及び外側磁石2800内の電流は、コラテラルチャンバリングの外側で急速に発散する磁場を発生するように調整することができる。ポ

ート2270内の軸方向磁場はプラズマを処理チャンバへ導き、プラズマは処理チャンバ内へ発散する。この発散は、磁場を加工片から遠去け続けるのにも役立つ。シリンダ内における軸方向磁場と誘起したRF電場との相互作用が、ヘリコン波を発生させる。ヘリコン波は、分散関係に従って、及びランドー (Landau) ダンピングに従って処理チャンバ内へ伝播する。

【 0 0 7 9 】

ヘリコン波プラズマ生成デバイスの若干の属性及び例が、Campbellらの1991年2月5日付米国特許第4,990,229号、1995年6月6日付米国特許第5,421,891号、及び1995年7月4日付米国特許第5,429,070号（全てに共通の名称“HIGH DENSITY PLASMA DEPOSITION AND ETCHING APPARATUS”）に開示されているので参照されたい。

【 0 0 8 0 】

ヘリコン波アンテナは、 $m = 0$ ヘリコン波を発生するための上述したレイアウトに限定されるものではない。例えば、ヘリコン波を発生させるために、単ループアンテナを使用することもできる。また、他のアンテナ構成を使用して $m = 1$ のような他のモードのヘリコン波を生成させ、プラズマを形成させることができる。

【 0 0 8 1 】

図10Cの実施の形態では、ポート2270の直径は、ポート2270内にプラズマが発生しないように選択されている。しかしながら、図10Dの実施の形態では、ポート3270は、ポート3270内にプラズマが形成されるように形成されている。図10Dの実施の形態では、上述したように、導体3012はジャケット3402内に埋め込まれている。ポートの内部が導電性堆積物に曝露されるので、累積した導電性堆積物内に誘起する渦電流がプラズマへ結合される電力を減少させるのを阻止するために、ポート3270の内面はセグメント化されている。内部全体を、または高電力デポジションの領域に近接する部分だけをセグメント化することができる。図10Dでは、アンテナループ付近のポートの内部の周りを渦電流が流れるのを阻止するように、ギャップ3422が部分3428をセグメント化している。

## 【 0 0 8 2 】

図10Cの実施の形態と同様に、磁石3800がポート3270の周りに配置されていてポート内に軸方向磁場を発生させ、ヘリコン波の生成、及びポート3270の外側のプラズマ分布を促進している。鎖線で示すように、磁石3800はジャケット3402内に包み込まれている。

## 【 0 0 8 3 】

ヘリコン波を生成することができるアンテナの長所は、それが源電力を効率的に結合すること、及びそれが広範囲のRF源電力（.05-3.0kW）、磁場強度（30-300G）、及び圧力（0.5-50mT）にわたって動作できることである。ヘリコン波アンテナの別の長所は、プラズマパラメータを調整することによって、ヘリコン波アンテナが100%に近いイオン化率を達成できることである。磁場内にヘリコン波が発生するプラズマが均一な性質であることから、より均一な処理プラズマを発生させるようにプラズマを処理チャンバ内へ流入させることが可能である。

## 【 0 0 8 4 】

図10Eを参照する。小型コイルアンテナ4000の中心を通過しているポート4270内にプラズマを形成させることが可能である。このような実施の形態では、導電性堆積物内に導電性堆積物が形成されるのを阻止するために、ポート4270の内壁はギャップ4426によってセグメントに分離されている。更に、ギャップ4422は、アンテナ4000の外面の一部を、または全てを分離することができる。

## 【 0 0 8 5 】

図10Fは、更に別の可能な実施の形態の底面図である。この実施の形態においては、円筒形アンテナ5000の外部底面がギャップ5422によって弓形セグメントに分離され、アンテナのポール領域付近のアンテナ5000の底の周りに渦電流が流れるのを阻止している。また、図10Fの実施の形態では、ポート5270の内面にギャップ5426が設けられており、ポート5270の内面上に導電性堆積物が接触して累積することを阻止している。

## 【 0 0 8 6 】

ジャケット内の導体の配向には無関係に、処理チャンバに曝露されるアンテナの外側は、これらの外側上に累積した導電性堆積物が接触して結合するのを阻止するようにセグメント化することができる。隣接するチャンバ壁が、容量的に印加されるバイアスのための陰極として使用される場合には、この実施の形態は、加工片処理中に導電性堆積物がチャンバ壁に電氣的に結合されて陰極面積を大幅に変更するのを阻止することができる。

【 0 0 8 7 】

上述したように、現在好ましいのは、電気絶縁性で、熱伝導性の非スパッタリングジャケットによって取り囲まれている導電性材料のアンテナを形成することである。本発明の他の実施の形態では、非スパッタリングで、熱伝導性ジャケットによって取り囲まれている電気絶縁性のジャケットによって、導電性材料を取り囲むことができる。更に別の実施の形態では、アンテナの曝露表面がスパッタされるのを阻止し、アンテナの温度調整を容易にするために、電気絶縁ジャケットを完全に、または部分的に取り囲んでいる非スパッタリングジャケットを有する電気絶縁性で熱伝導性のジャケットによって導電体を取り囲むことができる。

【 0 0 8 8 】

更に、上述したように、着座、ねじ止め、融合、またはそれ以外にチャンバ壁に連結または接着させる等によって、内部誘導アンテナを処理チャンバ内に取り外し可能に、または固定的に確保することができる。好ましい実施の形態では、アンテナの温度調整を容易にするために、アンテナとチャンバ壁との間で熱を交換できるようにアンテナを壁に結合している。また、チャンバ壁に結合することができる支持部材にアンテナを確保することもできる。

【 0 0 8 9 】

図10A-10Fの実施の形態の長所は、それが源電力を前駆体ガスへより集中して印加できることである。また、プラズマ種の密度を制御するために、個々のアンテナを使用することができる。更に、プロセスガスの選択を拡大させたことによって、処理を改善するために個々のアンテナを使用することができる。このような実施の形態では、高イオン化エネルギーを有するガスを高電力アンテナ内へ供給し、一方低イオン化エネルギーを有するガスは低電力アンテナを通して導入



することができる。例えば、図11の実施の形態では、高イオン化エネルギーを有する前駆体ガスは頂壁6240に確保されている高電力アンテナ6000を通して供給し、一方低イオン化エネルギーを有する前駆体ガスは側壁6220に確保されている低電力アンテナ6100を通して供給することができる。その結果、加工片処理を最適化するように、プラズマの特性を改善することができる。

#### 【0090】

図11においては、アンテナ6000及び6100、及びこれらのアンテナを通っているガスポートは、処理チャンバ内へ伸びるノズルを形成している。アンテナ6000及び6100、及びガスポートによって形成されているノズルは、壁6220及び6240に機械的に連結することによって、または壁6220及び6240に結合することによって確保することができる。このようにして、ノズルは、図11に示すようにそれらが壁6220及び6240から伸びるように、または壁6220及び6240内に陥凹するように、チャンバ壁6220及び6240に確保することができる。もし望むならば、ノズルはチャンバ壁と面に確保することもできる。更に、若干の実施の形態では、加工片上のプラズマ特性を制御するためにノズルの位置を調整できるように、調整可能なノズルを設けることが可能である。

#### 【0091】

上述したように、加工片において所望のプラズマ特性を得るために、本発明の小型内部誘導アンテナは処理チャンバ内に如何なる形態でも配置することができる。更に、如何なる数またはサイズの小型誘導アンテナをも処理チャンバ内に配置することができる。若干の実施の形態では種々のサイズの小型アンテナを使用することができ、一方他の実施の形態では本発明の小型誘導アンテナを既存チャンバ及びアンテナレイアウトと共に使用して処理を改善することができる。

#### 【0092】

以上に説明した長所に加えて、導電性チャンバ壁を使用する本発明の実施の形態によれば、リアクターを容量結合モードで、誘導結合モードで、またはそれらの組合わせで動作させることが可能である。もし、RF電力を誘電アンテナに供給することなく、RF電力をペDESTALに供給できれば、リアクターは容量結合

モードで動作する。前述したように、従来の誘導結合プラズマエッチングリアクターにおいては、ペDESTALと導電性陽極部分の面積比が不十分であるために、これは不可能である。従来の誘導リアクターに典型的に見られる面積比では、容量的な電力結合が貧弱になり、チャンバ内にプラズマを生成するには不十分であることが分かっている。代替として、ペDESTALにRF電力を供給せずに、誘導アンテナにRF電力を供給することができる。このようにすると、リアクターは誘導結合モードで動作する。

【 0 0 9 3 】

約1ミリトル乃至100ミリトルの範囲の圧力においては誘導結合の方がより効率的であり、一方約100ミリトル乃至10トルの範囲の圧力においては容量結合の方がより効率的である。若干のプロセスは低めの圧力稠度において誘導結合を用いて最良に遂行され、一方他のエッチングプロセスは高めの圧力稠度において容量結合を用いて最良に遂行される。従って、本発明により製造されたリアクターの若干の実施の形態は、遙かに広い圧力範囲にわたる処理を支援することができるので、従来の誘導結合、または容量結合プラズマエッチングリアクターの何れよりも融通性に富んでいる。

【 0 0 9 4 】

更に、誘導結合はより多くのイオンを生成し、一方容量結合はより多くの反応性ニュートラル種を発生する。異なるプロセスまたはプロセスステップが、所望の結果に依存してより多くのイオン、またはより多くの反応性ニュートラル種を要求することが多い。本発明の実施の形態に従って製造されたリアクターは、ペDESTALに供給される、及び内部誘導アンテナに集合的に、または個々に供給される電力の量を変えることによって、チャンバ内へ誘導的に、及び容量的に結合されるRF電力の量を容易に変化させることができるので、従来の誘導結合、または容量結合エッチングリアクターでは不可能であった手法でプラズマの組成を制御することができる。例えば、エッチングプロセスの若干のステップを、イオンの富んだプラズマを形成するようにより誘導的に結合させて遂行することができ、一方反応性ニュートラルの富んだプラズマを形成するようにより容量的に結合させて遂行することができる。

## 【 0 0 9 5 】

更に、個々のアンテナの電力デポジションを制御することによってプラズマ特性を制御することに加えて、誘導アンテナは、プラズマを維持するために必ずしも1つだけの源を使用する必要はない。そうではなく、付勢されたペDESTALを使用する容量結合を介して少なくとも部分的にプラズマを維持することができる。これにより、プラズマを維持するために必要な電力には無関係に所望の種濃度を発生させるために、アンテナに供給されるRF電力を調整することができる。

## 【 0 0 9 6 】

図12は、改良されたヘリコン源プラズマリアクター7000を示している。チャンバ7200は、その中に加工片10を保持するようになっている。チャンバの一部分7700は、磁氣的に強化された誘導結合源電力アプリータ7100の誘導結合アンテナ7000を含むようになっている。プラズマは、加工片10を処理するためのプロセスガスからチャンバ7200内に生成される。プロセスガスは、アンテナ7000の付近に、またはアンテナ7000を通して配置されているガス入口ポート7270を通して導入することができる。

## 【 0 0 9 7 】

図12の順電力アプリータ7100は、プラズマを生成するためにヘリコン波を生成することができる。ヘリコン波を生成することができる従来のリアクターでは、チャンバのベル型部分の円筒の外側の周りに二重ループアンテナが配置されている。しかしながら、図12の実施の形態では、アンテナ7000はチャンバ7200のベル型部分7750内に設けられている。

## 【 0 0 9 8 】

図12の内部誘導アンテナにおいては、導体7012のスパッタリングを防ぐために、ジャケット7402が導体7012を取り囲んでいる。ジャケット7402は、前述したように導体7012のスパッタリングを防ぎ、電氣的に絶縁するために、セラミック材料で形成することができる。

## 【 0 0 9 9 】

現在では、アンテナ7000の曝露表面上の導電性堆積物内の渦電流を阻止するために、ジャケット7402がセグメント化された表面7428を有している

ことが好ましい。前述したように、導電性堆積物がセグメントを電氣的に結合するのを阻止するために、ジャケット7402はギャップ7428によってセグメント化することができる。

【0100】

ループアンテナを用いる場合には、チャンバのベル型部分の全内面を円周リング及び／または弓形セグメントにセグメント化することも、またはアンテナ導体に近接する部分だけをセグメント化することもできる。

【0101】

チャンバ7200の壁7220は、アルミニウムのような導電性で、熱伝導性の材料で作ることができ、壁の電圧電位は電位を接地に固定する等によって制御することができる。露出されたチャンバ壁7220は、前述したように、チャンバ壁のスパッタリングを阻止するために被膜7045を有することができる。若干の実施の形態では、チャンバ7200のベル部分の壁7750をガラス等で形成することができる。

【0102】

ジャケット及び堆積物の割れ、及び薄片化を防ぐために、アンテナの温度を調整することが好ましい。チャンバ7200の壁内に、温度調節のための冷却用チャンネル7216を設けることができる。従って、若干の実施の形態では、チャンバ壁7750及び7220の温度を調整することによって、アンテナの温度を調整することができる。

【0103】

前述したように、プラズマを生成するためにヘリコン波を使用すると、広い温度及び圧力範囲にわたって均一で高密度のプラズマを生成することができる。これによって、エッチング及び堆積の両プロセスのための大きいプロセスウィンドウが可能になる。ヘリコン波プラズマ生成デバイスの若干の属性及び例が、Campbellらの1991年2月5日付米国特許第4,990,229号、1995年6月6日付米国特許第5,421,891号、及び1995年7月4日付米国特許第5,429,070号（全てに共通の名称“HIGH DENSITY PLASMA DEPOSITION AND ETCHING APPARATUS”）に開示されているので参照されたい。

## 【 0 1 0 4 】

ヘリコン波を生成するために、電流が一方のループを時計方向に通過し、他方のループを反時計方向に通過するように、即ち、位相が $180^\circ$ ずれている電流をRF源発生器からアンテナ7012へ電流を供給すると、ベルチャンバ内に $m=0$ ヘリコン波が発生する。図示していないが、例えば、 $m=0$ ヘリコン波を誘起させるために、単ループアンテナのような当分野においては公知の他のアンテナ形態も使用することができる。更に、 $m=1$ のような他のモードのヘリコン波を使用してプラズマを生成することができる。ベルチャンバは、直径10cmであることができ、ループ間の最適距離は、誘起したヘリコン波が2つのループ間を伝播するのにRF周期(13.56MHzの場合、約12.5cm)の1/2の時間を要するようにする。

## 【 0 1 0 5 】

図12の実施の形態においては、チャンバ電力アプリータは、チャンバ7200のベル部分7700内に軸方向磁場を発生させるネストされた電磁石7800も含んでいる。チャンバ7200のベル部分7700内における軸方向磁場と誘起したRF電場との相互作用により、プラズマを形成させるヘリコン波が発生する。

## 【 0 1 0 6 】

内側及び外側磁石7800内の電流は、ベル部分7700の外側で急速に発散する磁場を発生するように調整することができる。典型的には約30乃至300ガウスの範囲内にあるベル部分7700内の軸方向磁場は、プラズマを加工片に向けて導き、そこで発散させて加工片10付近に不均一なプラズマを発生させる。この発散は、磁場を加工片10から遠去け続けるのにも役立つ。もし望むならば、チャンバ壁のスパッタリングを阻止し、チャンバ内のプラズマ密度を制御するために、当分野においては公知のようにチャンバの周りに磁気バケットを形成することも可能である。

## 【 0 1 0 7 】

本発明の磁氣的に強化されたゲート電力印加装置は、広範囲のRF源電力(0.5-3.0kW)、磁場強度(30-300G)、及び圧力(0.5-50mT)にわたって動

作させることができ、それによって処理ウィンドウを拡大することができる。ヘリコン波アンテナの別の長所は、ヘリコン波アンテナが100%に近いイオン化率を達成できることである。磁場内でヘリコン波によって生成されるプラズマが均一であるという性質によって、プラズマはより均一な処理プラズマを発生させることができる。

#### 【 0 1 0 8 】

図13を参照する。ヘリコン源電力アプリータ8100の誘導アンテナ8000を、チャンバ8200のベル部分8700の壁内に確保することもできる。これはまた、アンテナ8000を、チャンバの導電性堆積物被膜から離して配置する。従って、内壁上の導電性被膜は、付勢されたアンテナによって生成される磁場を減衰させないので、RF電力のこの領域への誘導結合が低下することはない。その結果、チャンバ内のプラズマ特性に有害な効果は存在しなくなる。勿論、アンテナは処理中に付勢されるから、電力の誘導結合を妨害し得るその上への材料の堆積は存在しない。更に、アンテナ8000はチャンバ8700の内側のプラズマ内に浸漬されているから、低レベルのRF電力を使用してプラズマを生成させることができる（何故ならば、従来の誘導結合プラズマエッチングリアクターの場合とは異なり、チャンバ壁のインピーダンスに打ち勝つ必要がないからである）。

#### 【 0 1 0 9 】

図13の実施の形態を用いれば、アンテナ8000は、炭化ホウ素等の導電性セラミックのような“非スパッタリング”導電性材料で形成することができる。別の可能性は、“非スパッタリング”被膜によって取り囲まれた金属コアを使用することであろう。例えば、アルミニウムコアを炭化ホウ素ジャケットでカバーする。何れの実施の形態でも、アンテナ8000はプラズマのスパッタリング効果から保護され、加工片10の如何なる汚染も防がれる。

#### 【 0 1 1 0 】

処理中のアンテナ8000の温度を屢々制御しなければならないことにも注目されたい。もしその通りであれば、アンテナ8000を中空の管状構造で作ることができる。これにより、冷却材流体をアンテナ8000の内部に形成されたチ

チャンネルを通してポンプし、アンテナ8000の温度を調整して所望の動作温度を維持することができる。

【 0 1 1 1 】

図14を参照する。ヘリコン波源電力アプリケーションの代替実施の形態では、誘導コイル9000はチャンバ9200内に配置されている。プラズマは、加工片10の処理のためのプロセスガスからチャンバ9200内に生成される。プロセスガスは、アンテナ9000付近に配置されたガス入口ポート9270を通して、またはアンテナ9000のコイルの間に配置されたポートを通して導入することができる。図14の実施の形態では、アンテナ付近のチャンバを磁石9800が取り囲んでおり、アンテナ9000付近に約5 Gaussよりも大きい軸方向磁場を発生してヘリコン波を生成させる。

【 0 1 1 2 】

アンテナコイルは3-4巻回を有し、13.56 MHzで動作して $m=0$ ヘリコン波を生成する。チャンバ9200は、約1ミリトルから約100ミリトルまでで動作させることができる。この実施の形態は、外部的に限定された平行波長を用いずにヘリコン源のためのエンドランチ (end launch) 形態を可能にし、また分離したチャンバの源領域を用いることなくヘリコン動作を可能にする。

【 0 1 1 3 】

本明細書が参照しているYeらのコペンディング特許出願“RF PLASMA ETCH REACTOR WITH INTERNAL INDUCTIVE COIL ANTENNA AND ELECTRICALLY CONDUCTIVE CHAMBER WALLS”に開示されているような、内部誘導アンテナのこの実施の形態では、アンテナは導体9012で形成され、導体9012のスパッタリングを防ぐためにジャケット9402によって部分的に、または完全に取り囲まれている。好ましくは、ジャケット9402は、導体9012を取り囲んでいる非導電性材料からなり、チャンバ壁9220とアンテナ9000との間で熱の交換を可能にするように、壁9220に結合されている。

【 0 1 1 4 】

更に、上記参照コペンディング出願に開示されているように、好ましくは、プラズマに曝露されるアンテナ9000の表面を分離して、アンテナ表面上の導電

性堆積物内を渦電流が流れるのを阻止する。ギャップ9422は曝露表面をセグメント化し、ジャケット上に堆積した導電性材料がセグメントを電氣的に結合するのを阻止する。更に、若干の実施の形態では、アンテナ9000の巻回の間に配置されたポートを通してプロセスガスを供給することができる。更に、アンテナの周りを渦電流が流れるのを阻止するために、図15に示すようにアンテナ9500の表面を弓形セグメントに分離する放射状のギャップ9424を有することも好ましい。

【 0 1 1 5 】

別の実施の形態では、上記Yeらのコペンディング親出願に開示され、上述したように、内部誘導コイルアンテナを非スパッタリング導電性材料で形成し、アンテナ内のチャンネルを通して冷却材の流れを供給することができる。

【 0 1 1 6 】

図12-14のプラズマリアクターを用いれば、図1A-11を参照して説明した小型内部誘導コイルを処理チャンバ内に確保し、処理チャンバ内のプラズマ特性を更に制御するように使用することもできる。

【 0 1 1 7 】

以上に、特に好ましい実施の形態を参照して本発明を詳細に説明したが、本発明の真の思想及び範囲から逸脱することなく、多くの変化及び変更が可能であることを理解されたい。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 A 】

プラズマリアクターの壁内の小型内部誘導コイル型アンテナの1つの側面図である。

【 図 1 B 】

プラズマリアクターの壁内の小型内部誘導コイル型アンテナの1つの側面図である。

【 図 2 】

A-Cは、本発明のプラズマリアクターの実施の形態の部分切除上面図であり、本発明の小型内部誘導アンテナの可能な配向を示す図である。



## 【 図 3 】

本発明のプラズマリアクターの可能な実施の形態の切断側面図であり、小型内部誘導アンテナの可能な配列を示す図である。

## 【 図 4 】

本発明のプラズマリアクターの可能な実施の形態の切断側面図であり、小型内部誘導アンテナの可能な配列を示す図である。

## 【 図 5 】

本発明のプラズマリアクターの可能な実施の形態の切断側面図であり、小型内部誘導アンテナの可能な配列を、プロセスガスポートと共に示す図である。

## 【 図 6 A 】

本発明のプラズマリアクターの可能な実施の形態の上面図であり、小型内部誘導アンテナの可能な配列を、プロセスガスポートと共に示す図である。

## 【 図 6 B 】

図 6 A の実施の形態の切断側面図である。

## 【 図 7 A 】

本発明の小型負部誘導アンテナの実施の形態の部分切除側面図である。

## 【 図 7 B 】

本発明の小型内部誘導アンテナの実施の形態の端面図である。

## 【 図 8 A 】

本発明の小型内部誘導アンテナの実施の形態の分解側面図である。

## 【 図 8 B 】

本発明の小型内部誘導アンテナの実施の形態の分解側面図である。

## 【 図 9 A 】

本発明の小型内部誘導アンテナの実施の形態の部分切除側面図である。

## 【 図 9 B 】

本発明の小型内部誘導アンテナの実施の形態の部分切除側面図である。

## 【 図 10 A 】

コイル型誘導アンテナを使用する本発明の小型誘導アンテナのノズル型の実施の形態の切断側面図である。

## 【図10B】

コイル型誘導アンテナを使用する本発明の小型誘導アンテナのノズル型の実施の形態の切断側面図である。

## 【図10C】

ループ型ヘリコン波誘導アンテナを使用する本発明の小型誘導アンテナのノズル型の実施の形態の切断側面図である。

## 【図10D】

ループ型ヘリコン波誘導アンテナを使用する本発明の小型誘導アンテナのノズル型の実施の形態の切断側面図である。

## 【図10E】

コイル型アンテナを使用する本発明の小型誘導アンテナのノズル型の実施の形態の切断側面図である。

## 【図10F】

図10Eの小型誘導アンテナのノズル型の実施の形態の端面図である。

## 【図11】

ノズル型の小型誘導アンテナを使用する本発明のプラズマリアクターの実施の形態の切断側面図である。

## 【図12】

ヘリコン波を生成することができる内部誘導アンテナを有するプラズマリアクターの実施の形態の切断側面図である。

## 【図13】

ヘリコン波を生成することができる内部誘導アンテナを有するプラズマリアクターの実施の形態の切断側面図である。

## 【図14】

ヘリコン波を生成することができる内部誘導アンテナを有するプラズマリアクターの実施の形態の切断側面図である。

## 【図15】

図14の内部誘導アンテナの可能な実施の形態の上面図である。

【 図 1 A 】

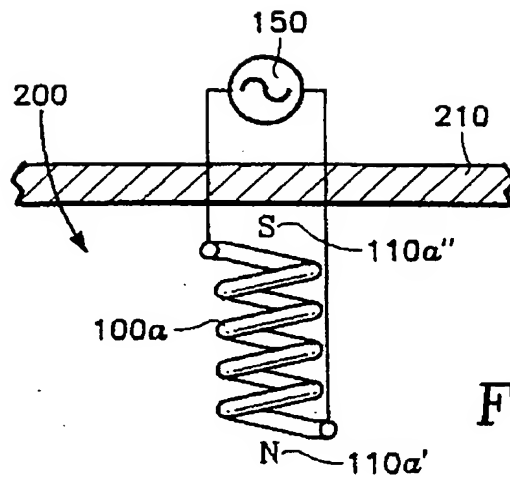


FIG. 1A

【 図 1 B 】

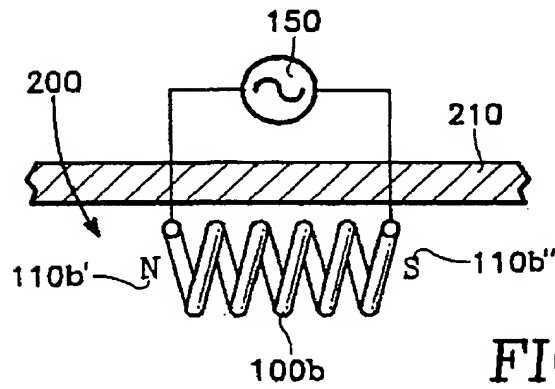


FIG. 1B

【 図 2 A 】

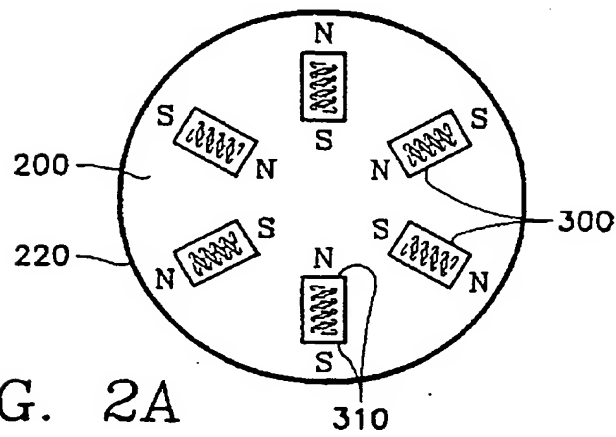
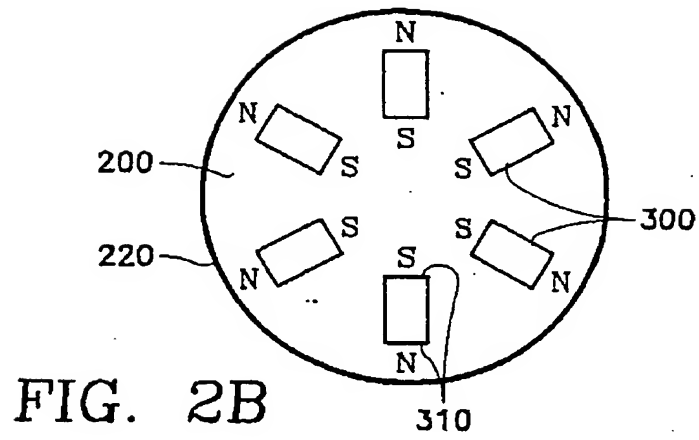
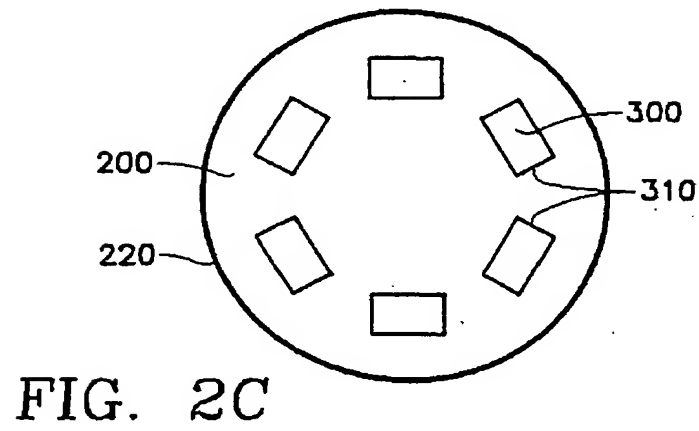


FIG. 2A

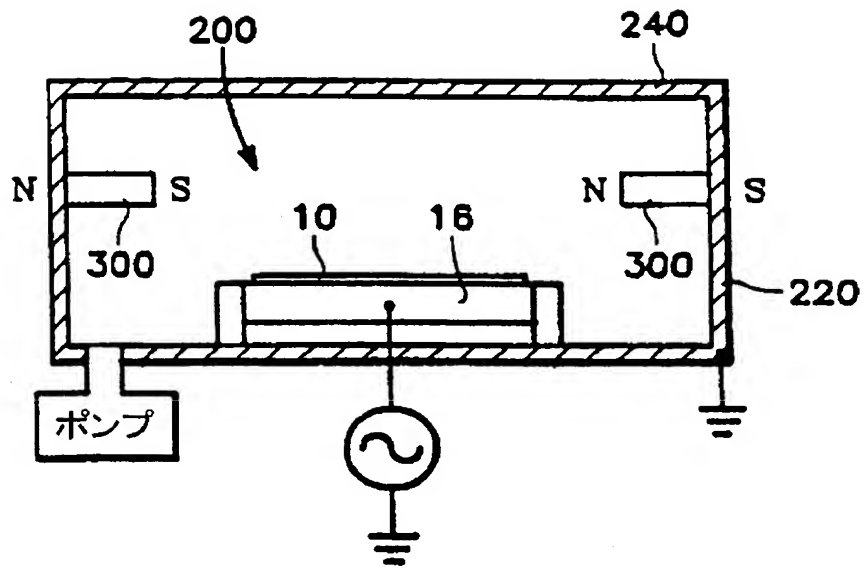
【 図 2 B 】



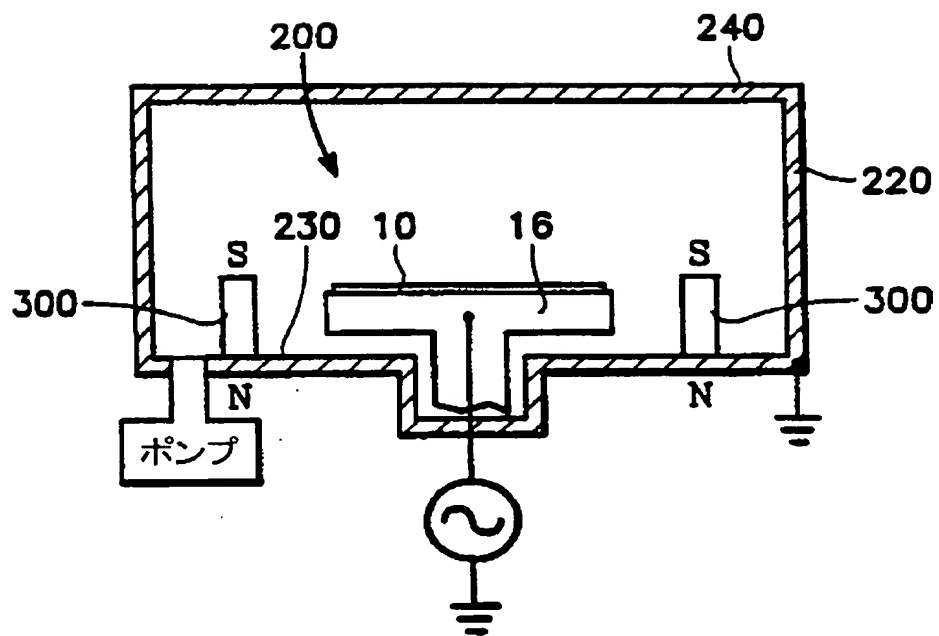
【 図 2 C 】



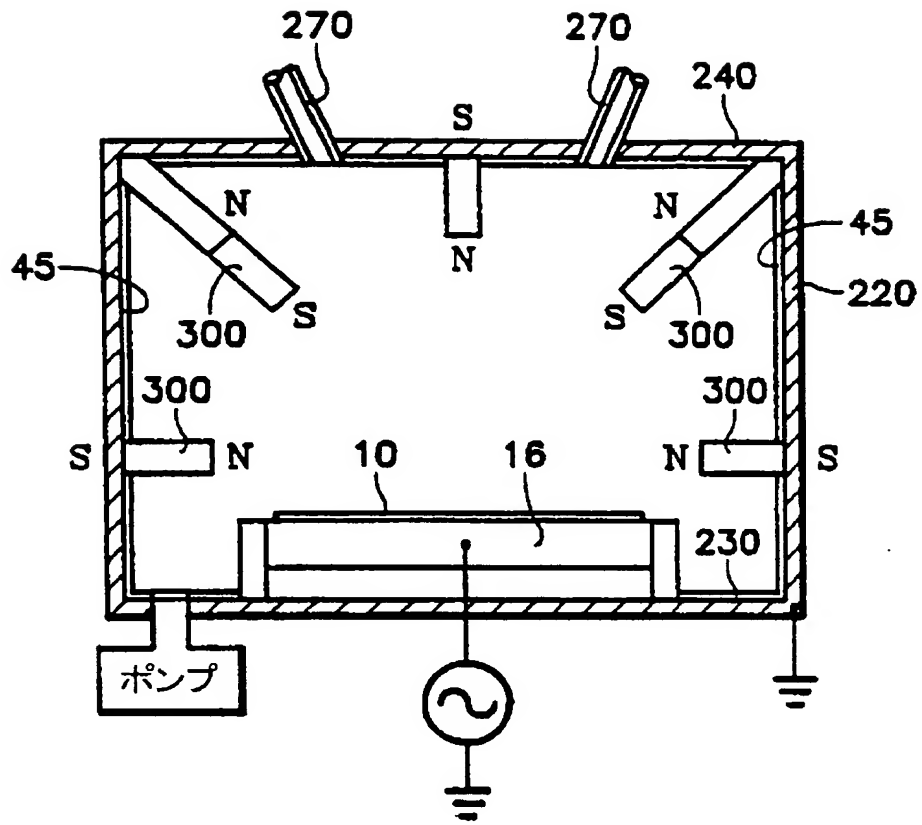
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 A 】

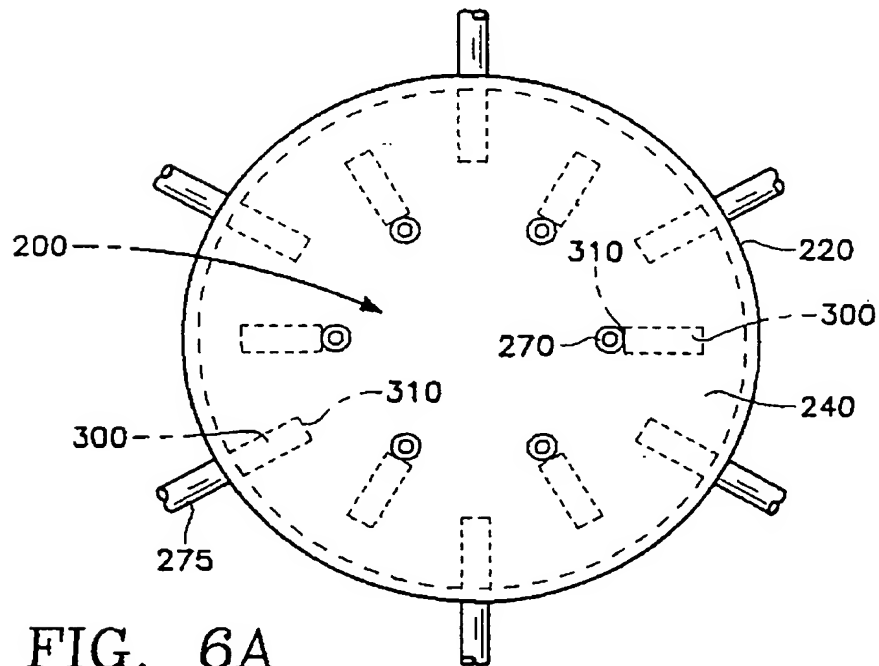
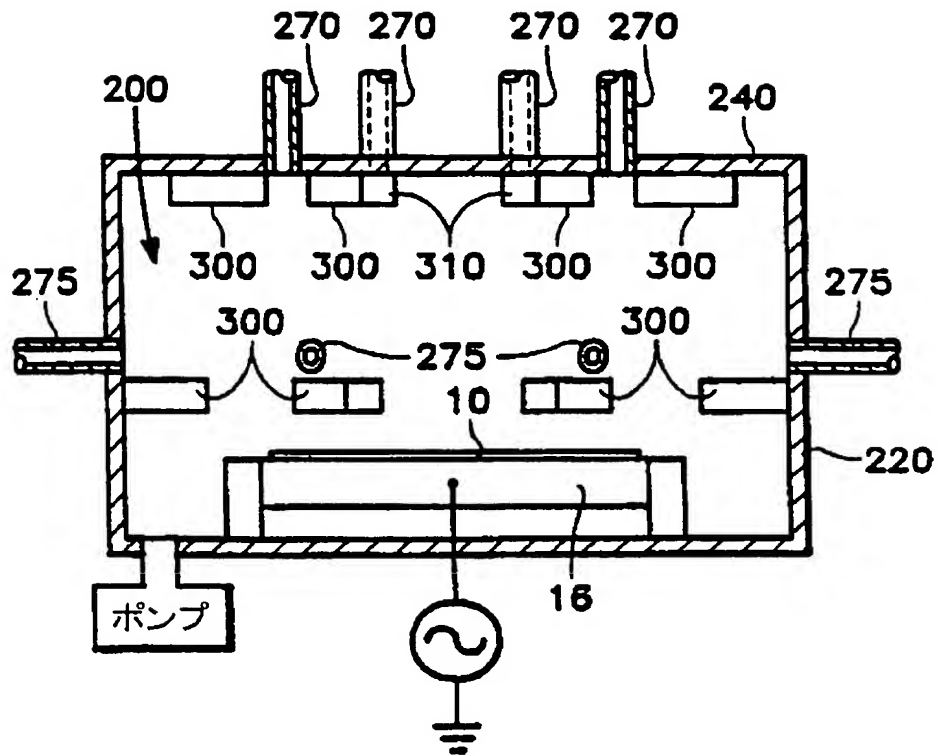


FIG. 6A

【 図 6 B 】



【 図 7 A 】

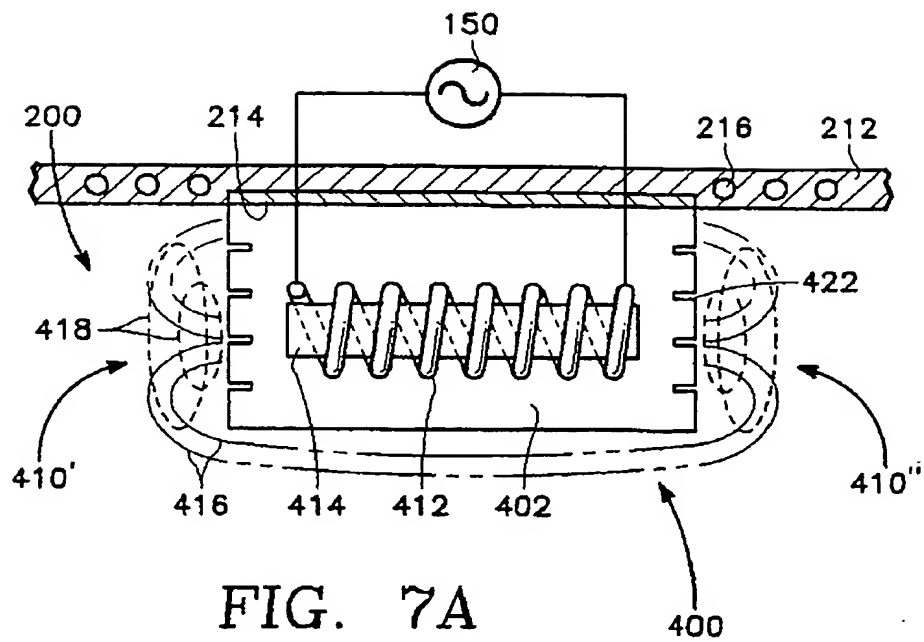


FIG. 7A

【 図 7 B 】

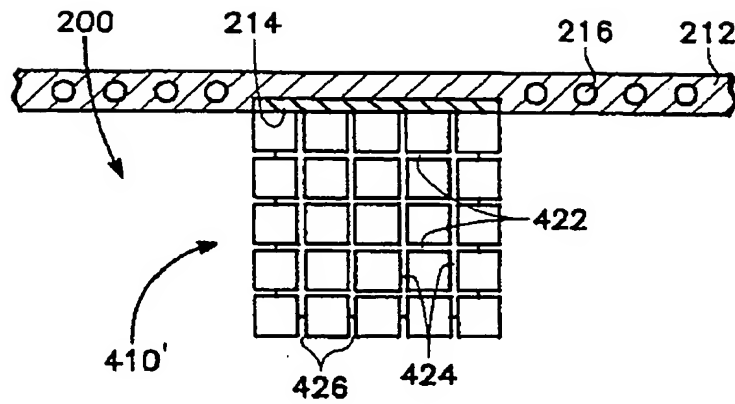


FIG. 7B

【 図 8 A 】

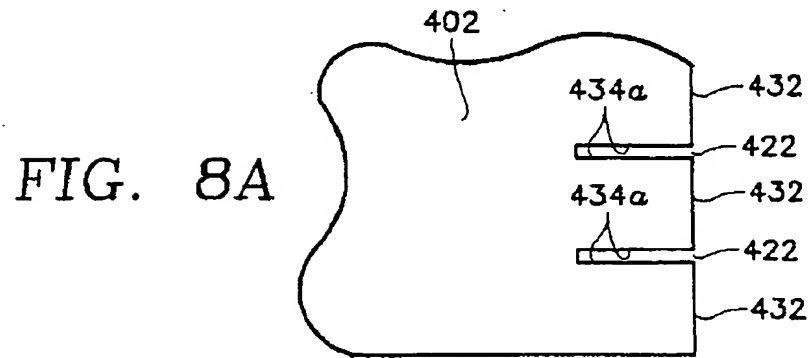


FIG. 8A

【 図 8 B 】

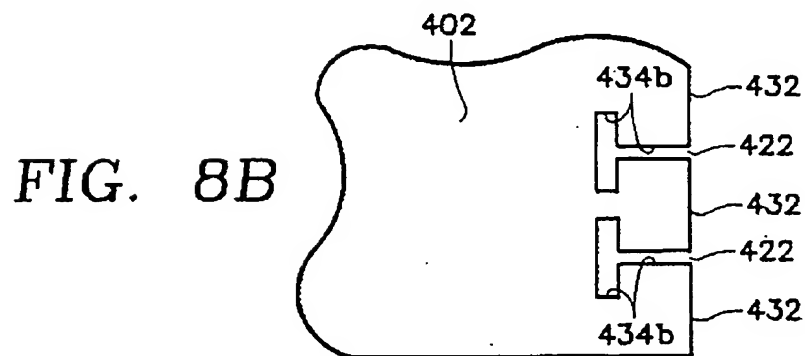


FIG. 8B





【 図 9 C 】

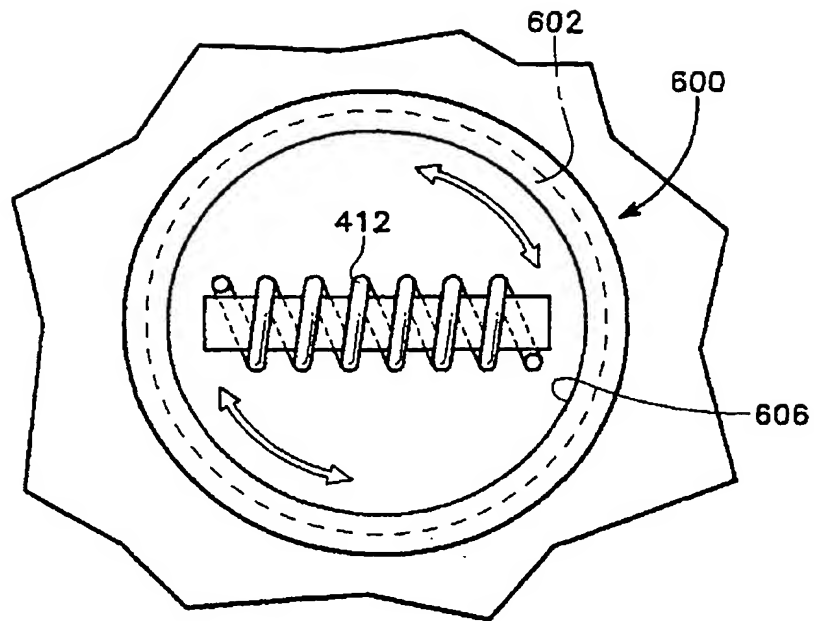


FIG. 9C

【 図 10 A 】

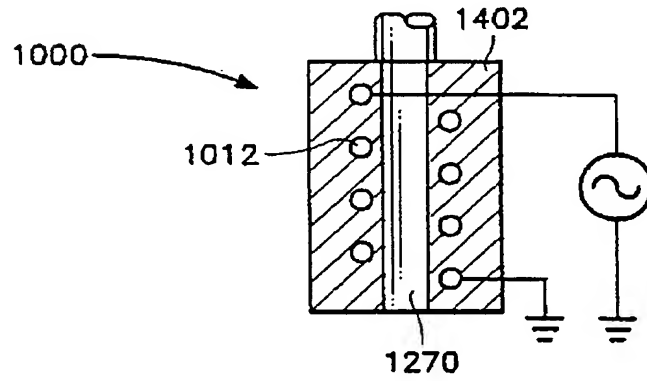


FIG. 10A

【 図 10 B 】

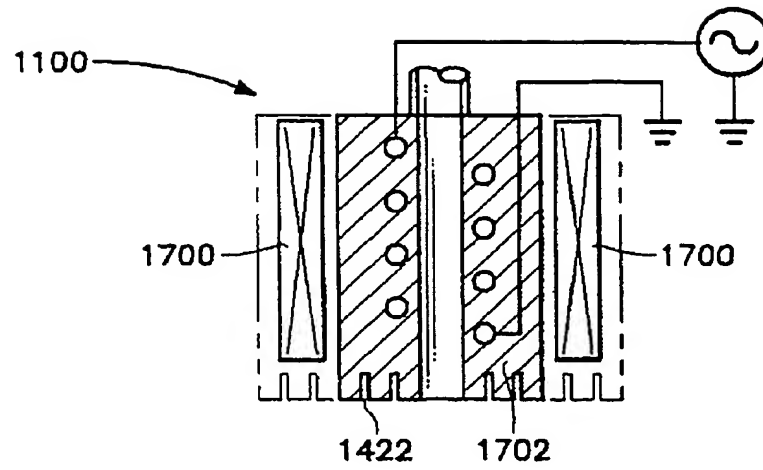


FIG. 10B

【 図 10 C 】

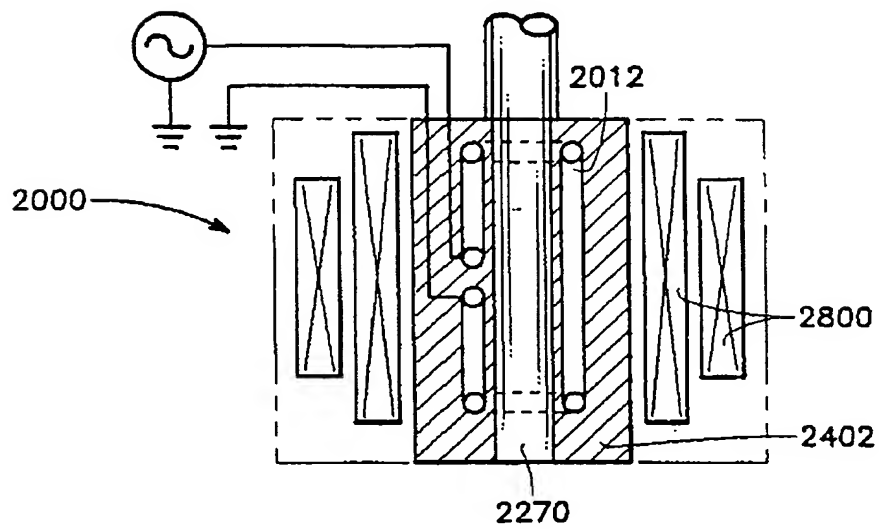


FIG. 10C

【 図 10 D 】

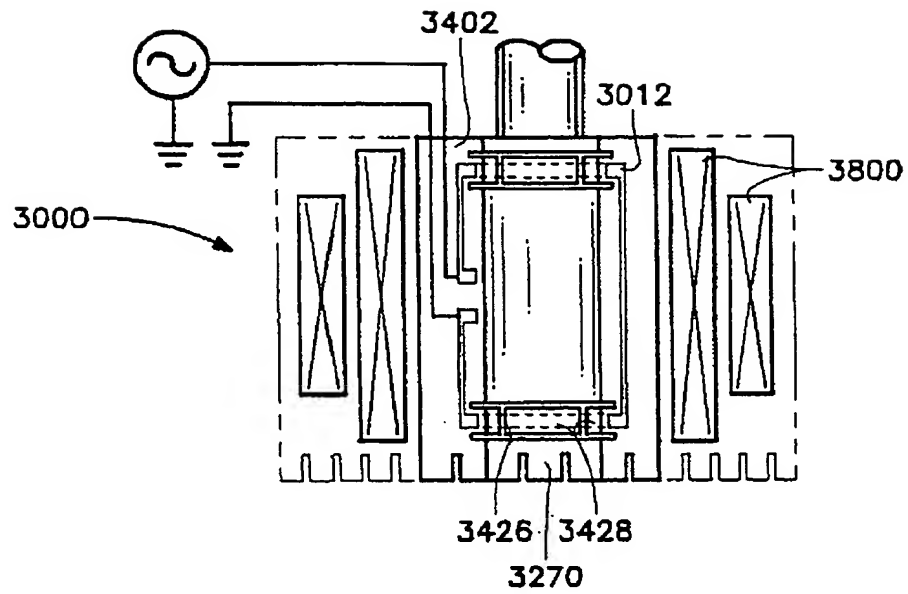


FIG. 10D

【 図 10 E 】

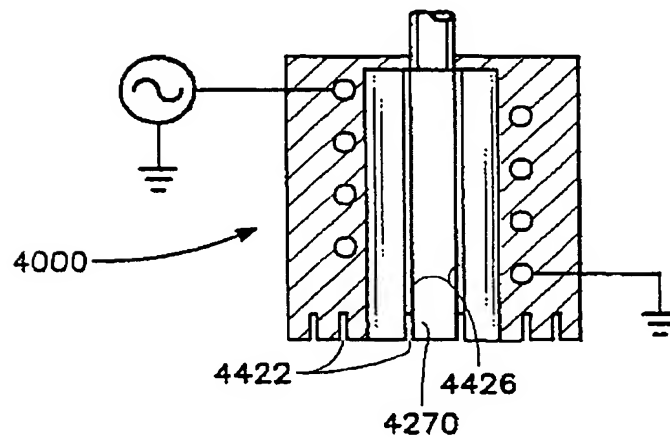


FIG. 10E

【 図 10 F 】

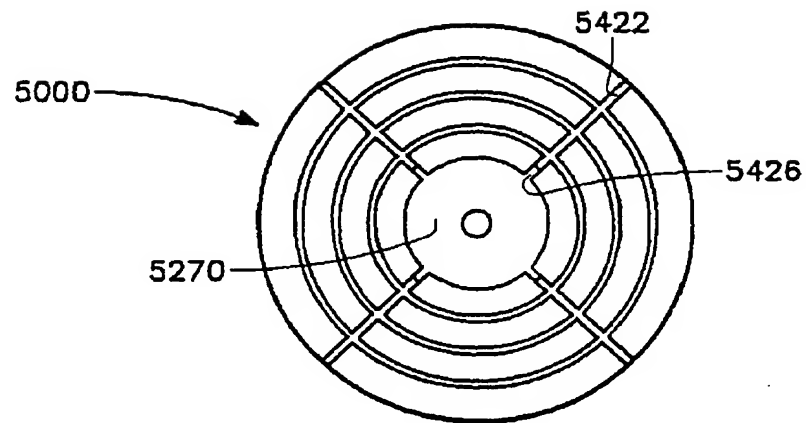
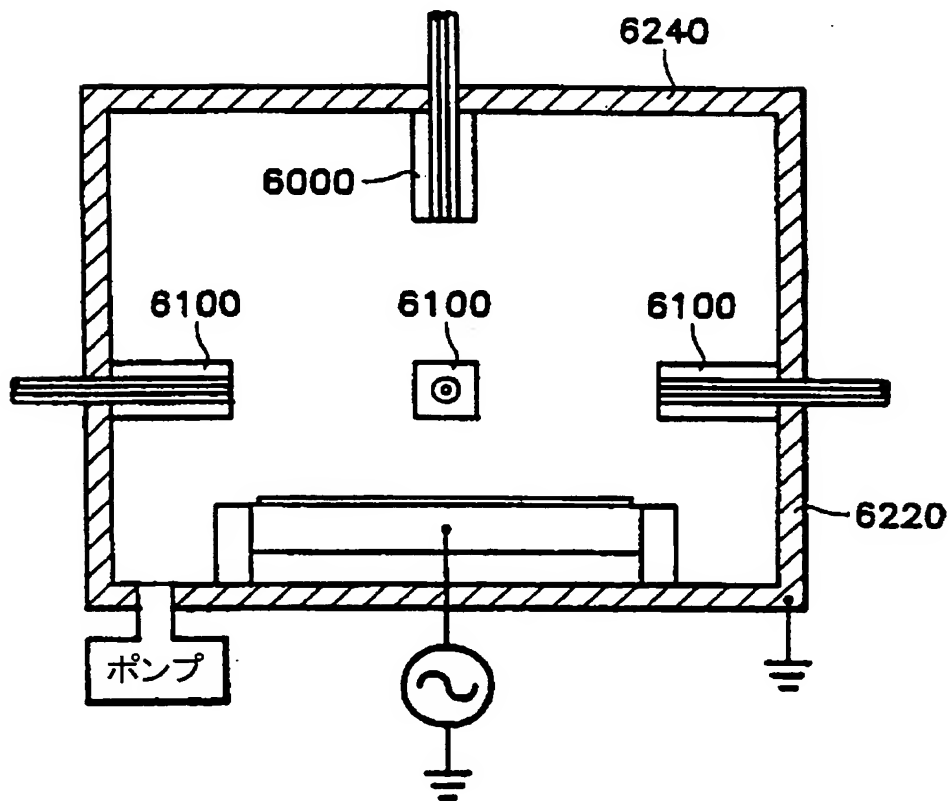
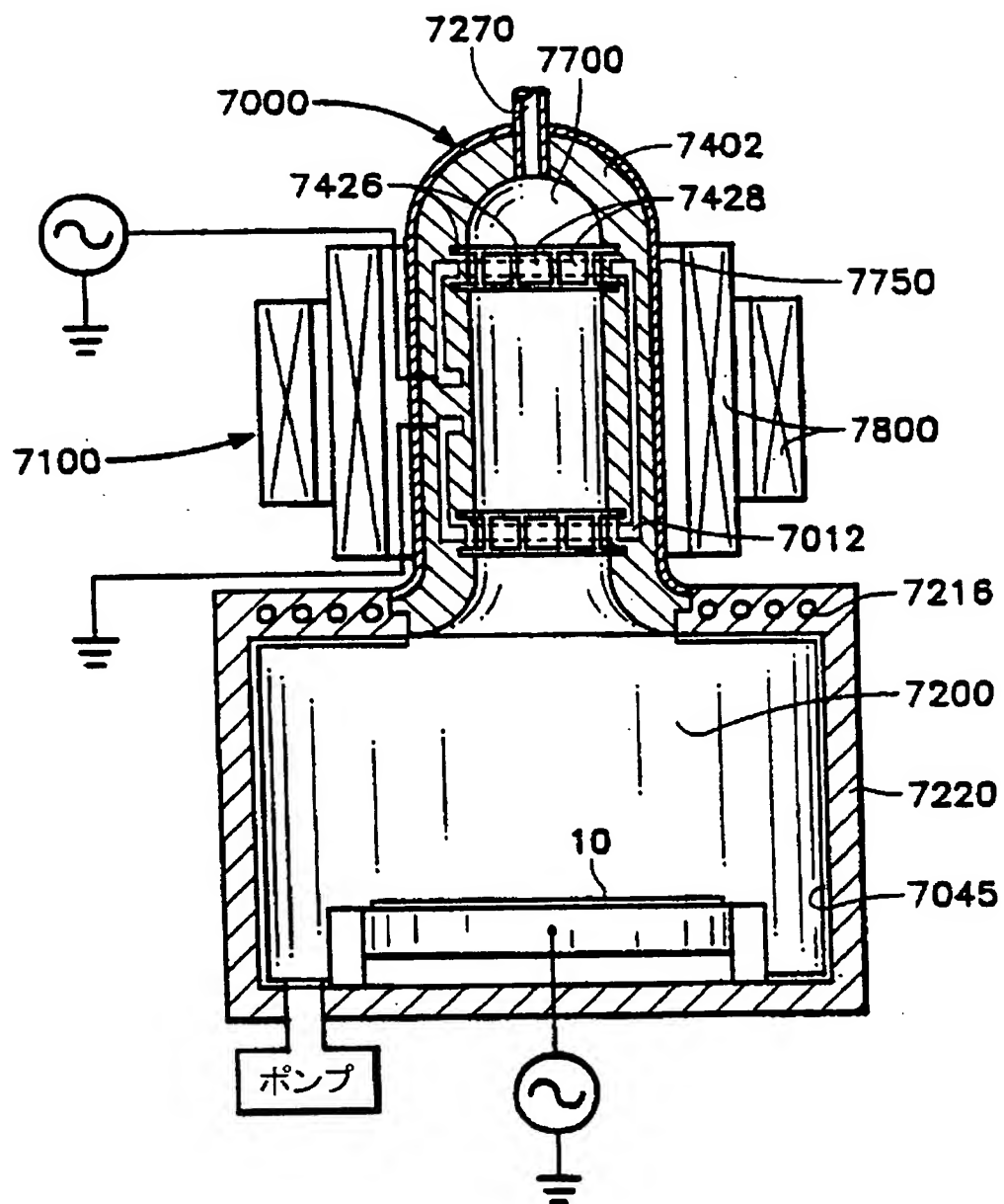


FIG. 10F

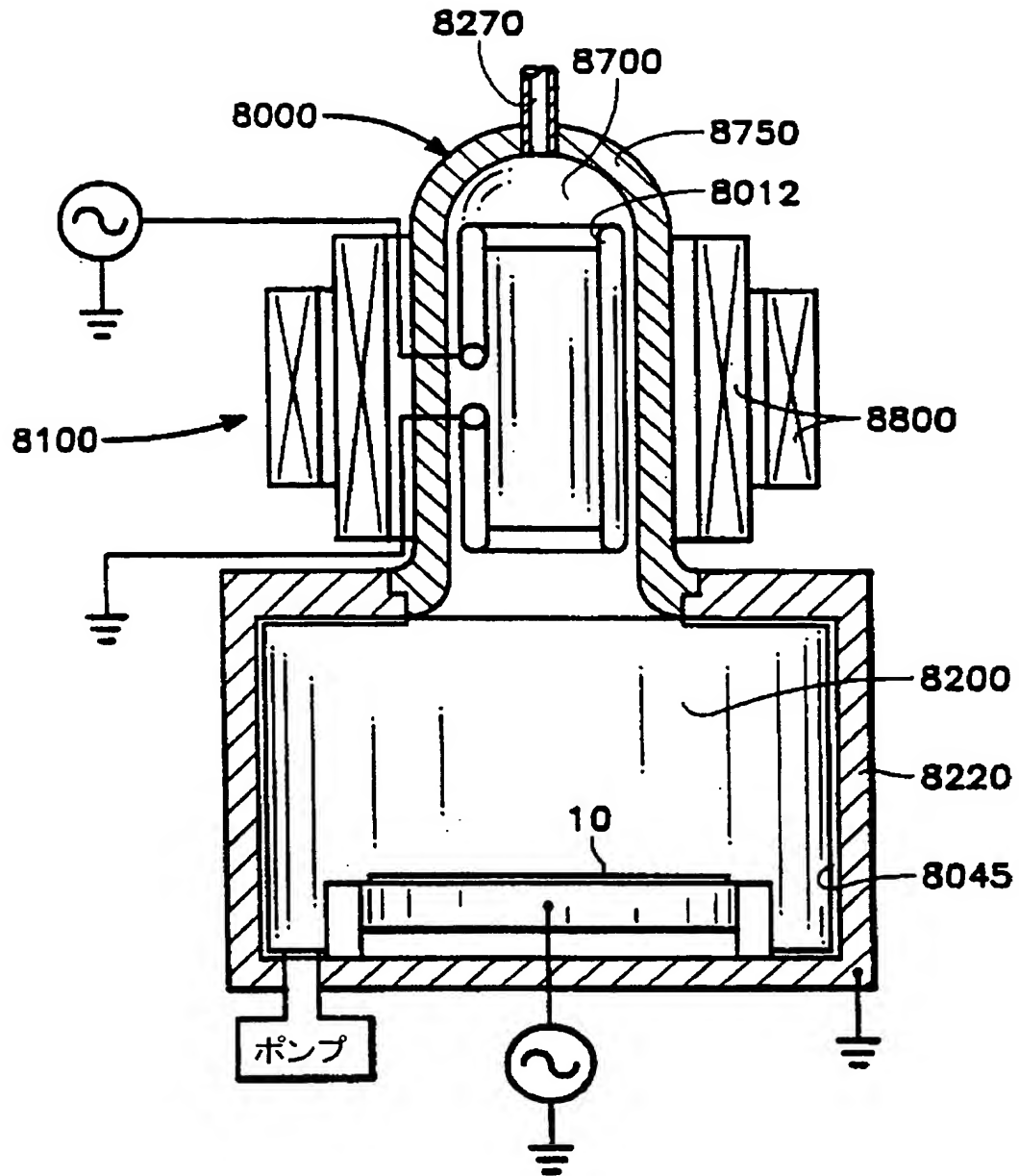
【 図 11 】



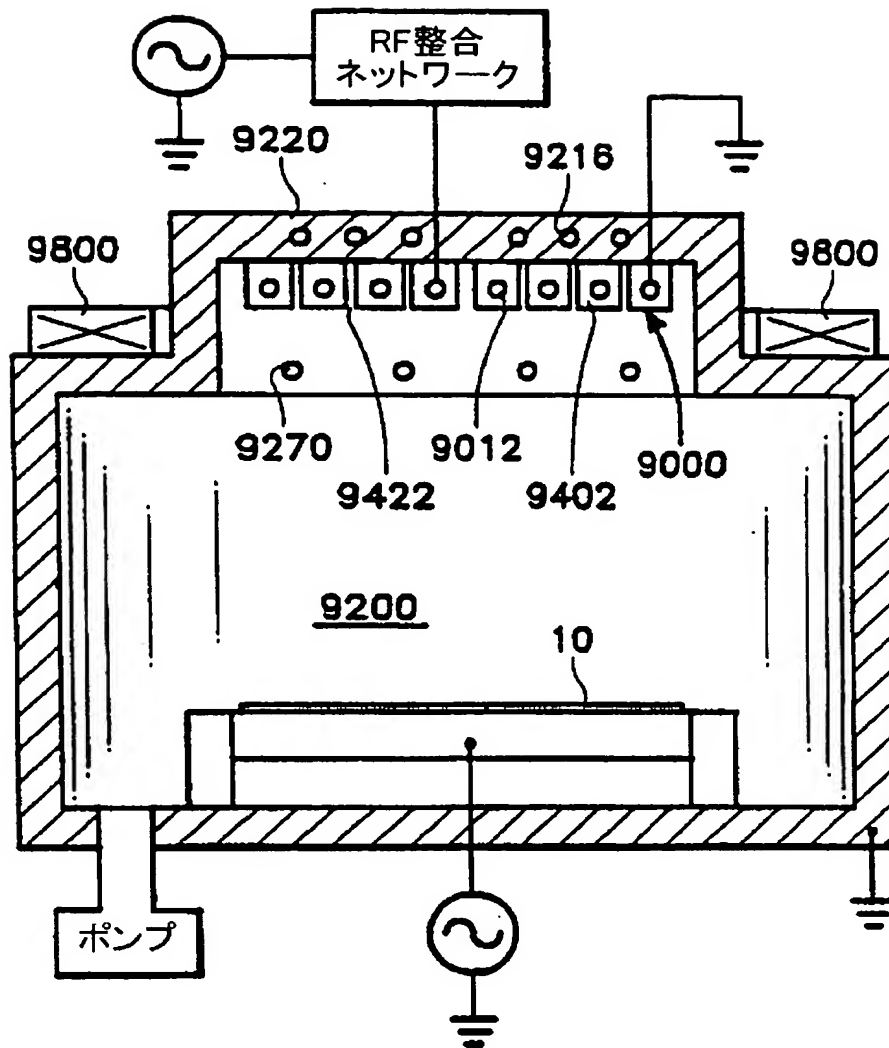
【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】





【 図 1 5 】

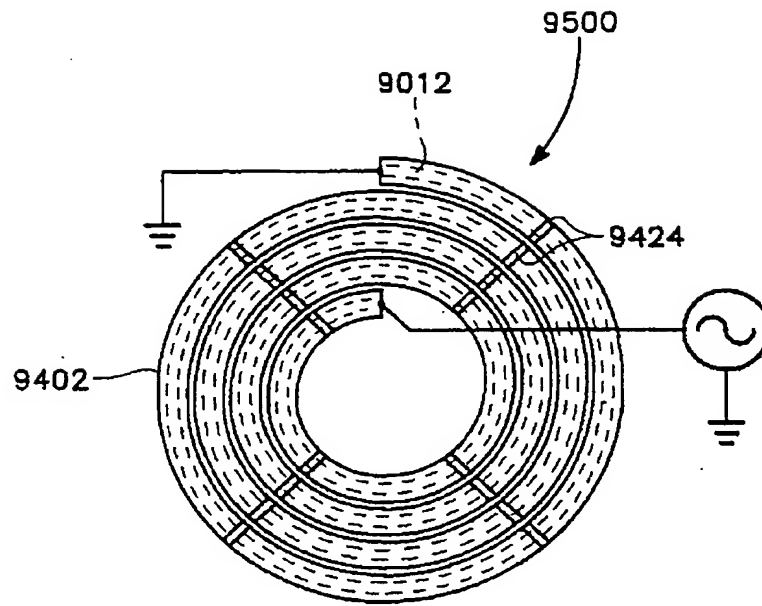


FIG. 15

## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 H01J37/32		International Application No. PCT/US 80/16921
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 H01J		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-internal, PAJ		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevance to claim No.
X A	WO 98 56027 A (APPLIED MATERIALS) 10 December 1998 (1998-12-10) cited in the application page 25-38; figures 3,4A-4F	1,2,12, 29,35, 61,104 3-9, 30-34, 111-114
X A	EP 0 838 839 A (SURFACE TECHNOLOGY SYSTEMS LIMITED) 29 April 1998 (1998-04-29) column 5, line 28-40; figure 4	1,2,12, 29,35, 61,104 3-9, 30-34, 111-114
--- -/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document relating to oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 31 January 2001		Date of mailing of the international search report 04.07.01
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentaan 2 NL - 2220 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 851 epo.nl Fax. (+31-70) 340-3016		Authorized officer Frisch, K

Form PCT/ISA/E19 (beyond sheet) (July 1992)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/US 00/16921

## C. (Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X,P	WO 00 17906 A (APPLIED MATERIALS, INC.) 30 March 2000 (2000-03-30) cited in the application	1-9, 30-35, 61,104, 111,112 74,92,93
A	the whole document ---	
X,P	EP 0 961 528 A (LEYBOLD SYSTEMS GMBH) 1 December 1999 (1999-12-01)	1,2,12, 29,35, 61,104
	the whole document ---	
X	EP 0 651 427 A (CENTRAL RESEARCH LABORATORIES LIMITED) 3 May 1995 (1995-05-03) the whole document	1,104
X	US 5 522 934 A (SUZUKI ET AL.) 4 June 1996 (1996-06-04) figures 19,24	1,104
X	US 5 897 713 A (TONIOKA ET AL.) 27 April 1999 (1999-04-27) figure 14	1,104
A	EP 0 782 172 A (APPLIED MATERIALS, INC.) 2 July 1997 (1997-07-02)	3-5, 30-32, 74,92, 93,111, 112
	column 6, line 6-34; figure 1 ---	
A	US 5 800 688 A (LANTSMAN ET AL.) 1 September 1998 (1998-09-01)	3-5, 30-32, 74,92, 93,111, 112
	column 3, line 26-67; figure 1 -----	

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US 00/16921

## Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This International Search Report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the International Application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful International Search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this International application, as follows:

see additional sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this International Search Report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:  
1-9, 29-35, 61, 74-77, 92-101, 111-114

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

International Application No. PCT/US 08/16921

## FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

## 1. Claims: 3-9,30-34,74-77,92-101,111-114

Plasma reactor having a processing chamber and a plurality of small coil antennas, each antenna having a conducting core surrounded by an electrically insulating jacket, and wherein the jacket surface exposed to the plasma is segmented so as to inhibit eddy currents in conductive deposits on the surface.

## 2. Claims: 10,11,33,36-39,54-60,62-64,68-92,115

Plasma reactor having a processing chamber and a plurality of small coil antennas, each antenna having a conducting core surrounded by an electrically insulating jacket, and wherein the coil antennas are arranged within the processing chamber such that heat generated by the antennas is transferred to a chamber wall by conduction.

## 3. Claims: 13-16,24-28,40-43,47-53,67,107,109,110

Plasma reactor having a processing chamber and a plurality of small coil antennas, each antenna having a conducting core surrounded by an electrically insulating jacket, and wherein the coil antennas are arranged in a particular relationship to the plasma or the processing chamber has a certain geometry.

## 4. Claims: 17-19,38,39,42,43,64,94,95,105

Plasma reactor having a processing chamber and a plurality of small coil antennas, each antenna having a conducting core surrounded by an electrically insulating jacket, and wherein the RF power delivered to each of the coil antennas is independently adjustable.

## 5. Claims: 20,37-39,63,68-103,108

Plasma reactor having a processing chamber and a plurality of small coil antennas, each antenna having a conducting core surrounded by an electrically insulating jacket, and wherein a gas port for delivering process gas delivers gas through one of the coil antennas.

## 6. Claims: 21,44,65

Plasma reactor having a processing chamber and a plurality of small coil antennas, each antenna having a conducting

## FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCTASA/ 210

core surrounded by an electrically insulating jacket, and wherein a shield may be inserted within the jacket to control power deposition in the processing chamber.

## 7. Claims: 22,23,45,46,66

Plasma reactor having a processing chamber and a plurality of small coil antennas, each antenna having a conducting core surrounded by an electrically insulating jacket, and wherein the orientation of at least some of the coil antennas is adjustable.

## 8. Claims: 106-108,16,18,19,39,43,89,90,95,102,103

Method of processing a workpiece in a plasma reactor having a plurality of inductive antennas secured within the plasma chamber of the reactor, wherein process gases are supplied to the processing chamber and RF power is supplied to the antennas, and wherein different process gases are supplied to areas of high RF power deposition and areas of low RF power deposition within the chamber.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/US 00/16921

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9856027	A	10-12-1998	US 6071372 A	05-06-2000
			EP 0931329 A	28-07-1999
			JP 2000516405 T	05-12-2000
			US 6178920 B	30-01-2001
			US 6158384 A	12-12-2000
EP 838039	A	29-04-1998	JP 10233297 A	02-09-1998
WO 0017906	A	30-03-2000	US 6178920 B	30-01-2001
			US 6158384 A	12-12-2000
EP 961528	A	01-12-1999	DE 19824077 A	02-12-1999
			JP 11354297 A	24-12-1999
			US 6191532 B	20-02-2001
EP 651427	A	03-05-1995	US 5464476 A	07-11-1995
US 5522934	A	04-06-1996	JP 8017748 A	19-01-1996
			JP 8013169 A	16-01-1996
US 5897713	A	27-04-1999	JP 9082495 A	28-03-1997
EP 782172	A	02-07-1997	US 5763851 A	09-06-1998
US 5800600	A	01-09-1998	AU 6977998 A	13-11-1998
			CN 1265222 T	30-08-2000
			EP 0978138 A	09-02-2000
			WO 9848444 A	29-10-1998

## フロントページの続き

- (72) 発明者 ダムブラ アレン  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
94030 ミルプレイ ベイビュー コート  
32
- (72) 発明者 モク イェウクーファイ エドウィン  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
94132 サン フランシスコ ストーンク  
レスト ドライヴ 194
- (72) 発明者 レミントン リチャード イー  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
94536 フリーモント ハムリン ストリ  
ート 38168
- (72) 発明者 サモンズ ジェイムズ イー ザ サード  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
95054 サンタ クララ アグニュー  
#323 2200
- Fターム(参考) 4K030 FA04 JA10 JA16 JA17 KA12  
KA15 KA30 KA41 KA46  
5F004 BA20 BB18

## 【要約の続き】

のジャケットによって取り囲まれている。ジャケットの  
曝露表面は、導電性堆積物内の渦電流を減少させるため  
に、セグメント化することができる。